

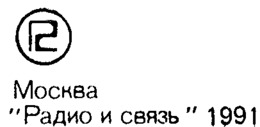
Основана в 1947 году
Выпуск 1156

Б.Г. Степанов
Я.С.Лаповок
Г.Б.Ляпин

Любительская радио-связь на КВ

Справочник

Под редакцией Б. Г. Степанова



Москва
"Радио и связь" 1991

ББК 32.884.1
С-79
УДК 621.396.72.029.55 : 001.92 (035)

Рецензент — канд. техн. наук В. Т Поляков

Степанов Б. Г. и др.

С-79 Любительская радиосвязь на КВ: Справочник / Степанов Б. Г., Лаповок Я. С., Ляпин Г. Б.—М.: Радио и связь, 1991.—120 с.: ил.- (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1156).

ISBN 5-256-00659-2.

Приведены материалы, освещающие практически все основные аспекты любительской связи на коротких волнах: организация радиолюбительского движения и практика работы на любительской радиостаиции; вопросы конструирования связной коротковолновой аппаратуры и описания конкретных конструкций приемников, передатчиков и трансиверов; распространение радиоволн в диапазонах коротких волн; антенная техника и контрольно-измерительная аппаратура любительской радиостанции

Для широкого круга радиолюбителей.

С $\frac{2302020000-042}{046(01)-91}$ 49-91 **ББК 32.884.1**

Справочное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1156

СТЕПАНОВ БОРИС ГРИГОРЬЕВИЧ
ЛАПОВОК ЯКОВ СЕМЕНОВИЧ
ЛЯПИН ГЕРМАН БОРИСОВИЧ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ ИА КВ

Справочник

Руководитель группы МРБ И. Н. Суслова
Редактор О. В. Воробьева
Художественный редактор Н. С. Шеин
Обложка художника А. С Дзуцева
Технический редактор И. Л. Ткаченко
Корректор Т. В Дземидович

ИБ № 1602

Сдано в набор 12 03 90 Подписано в печать 21 06 90
Формат 70×100/16. Бумага офсетиая № 2. Гарнитура литературная
Печать офсетная Усл печ л 9,75 Усл кр-отт 10,24
Уч. изд л 14,84. Тираж 40 000 экз Изд № 22009
Заказ № 124. Цена 4 р

Издательство «Радио и связь». 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

Московская типография № 4
Государственного комитета СССР по печати
129041, Москва, Б. Переяславская ул., 46.

ISBN 5-256-00659-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Любительской связью иа коротких и ультракоротких волиах сегодия в мире занимаются иесколько миллиоиов человек. Число любительских станций в Советском Союзе относительио иевелико — чуть больше пятидесяти тысяч. В пересчете «на душу иаселеиия» здесь мы уступаем таким страиам как США или Япония почти в десять раз. Один из факторов, сдерживающих развитие коротковолиового радиолюбительства в нашей стране, — явиый иедостаток литературы как по практике любительской связи иа КВ и УКВ, так и по вопросам создаиия конструкций для иее. Последиее является особенно существенным, поскольку промышлениая аппаратура для коротковолновиков и ультракоротковолновиков у нас практически ие производится. В какой-то мере эта киига и может помочь радиолюбителю в разработке, изготовлении и иаладке собствеиных коиструкций и в работе на них в эфире.

Оиа создавалась в тот период времеии, когда под воздействием происходящей в иашей стране перестройки иаметились заметиые сдвиги и в организации радиолюбительского движения. Начался сложный процесс подготовки иовой редакции «Инструкции о порядке регистрации и эксплуатации любительских радиостанций», а по ряду вопросов принимаются оперативные решения. Некоторые из них (иапример, разрешение коротковолновикам СССР использовать иовые КВ диапазоиы 18 и 24 МГц) были приняты накаиуне сдачи этой книги в иабор и, естествеиио, ие нашли отражеиие иа ее страницах. Возможиы также измеиеиия в иазваииях стран и территорий мира, образования иовых государств и др. Произойдут какие-то перемены в радиолюбительском движеиии и к момеиту, когда книга выйдет из печати, поэтому для учета их в практике любительской связи заиитересоваииому читателю следует смотреть и более оперативиые, чем киига издания — газеты и журналы, ведущие эту тематику.

1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

1.1. ИОНОСФЕРА, ЕЕ СОСТАВ И РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ СЛОЕВ

Еще в 20-х годах считалось, что радиоволны короче 200 м совершенно не пригодны для радиосвязи на дальние расстояния из-за сильного поглощения. Однако уже к этому времени были проведены первые эксперименты по дальнему приему коротких волн (КВ) через Атлантический океан на расстояние в несколько тысяч километров. Английский физик Оливер Хевисайд и американский инженер-электрик Артур Кеннели независимо друг от друга предположили, что где-то вокруг Земли существует ионизированный слой атмосферы, способный отражать радиоволны. Впоследствии этот ионизированный слой получил название слоя Хевисайда — Кеннели. Сегодня мы знаем, что верхние слои атмосферы Земли (начиная с 50—80 км) окружены ионосферой, состоящей из отрицательно заряженных свободных электронов и положительно заряженных ионов, в основном молекулярного кислорода O_2^+ и окиси азота NO^+. Для радиосвязи наибольший интерес представляет область ионосферы, находящаяся на высотах от 50 до 400 км. Однако область ионизированного газа распространяется много выше, до 1000 км и далее, с постепенно убывающей концентрацией электронов и ионов.

Ионы и электроны образуются в результате *ионизации*, которая заключается в отрыве электрона от нейтральной молекулы газа. Для того чтобы оторвать электрон, необходимо затратить некоторую энергию — энергию ионизации, основным источником которой для ионосферы является Солнце, точнее, его ультрафиолетовое, рентгеновское и корпускулярное излучения. Пока газовая оболочка Земли освещена Солнцем, в ней непрерывно образуются все новые и новые электроны, но одновременно часть электронов, сталкиваясь с ионами, вновь образует нейтральные частицы — атомы и молекулы. После захода Солнца образование новых электронов почти прекращается и число свободных электронов убывает. Число электронов, находящихся в кубическом метре газа, называется *электронной плотностью.*

Электроны распределены в ионосфере неравномерно. На высотах от 50 до 400 км имеется несколько слоев (или областей), плавно переходящих один в другой и существенно влияющих на распространение радиоволн КВ диапазона.

Самая верхняя область повышенной электронной концентрации и, кстати, самая плотная получила название области F. Она расположена на высоте более 150 км над поверхностью Земли и играет основную *отражательную* роль при дальнем распространении КВ. Иногда в летние месяцы днем область F как бы распадается на два слоя — F_1 и F_2. Слой F_1 может занимать высоты от 200 до 250 км, а слой F_2 как бы «плавает» в интервале от 300 до 400 км. Обычно слой F_2 ионизирован значительно сильнее слоя F_1. Ночью слой F_1 исчезает, а слой F_2 продолжает оставаться, медленно теряя до 60% своей ионизации.

Ниже области F на высотах от 90 до 150 км расположена **область E**. Ионизация этой области происходит под воздействием мягкого рентгеновского излучения Солнца. Обычно степень ионизации области E ниже, чем области F. Однако все связи на расстояние до 1000... 1500 км на низкочастотных КВ диапазонах днем происходят при отражении от этой области. Ночью в области E ионизация уменьшается на порядок, но и в это время она продолжает играть заметную роль в распространении КВ. Иногда в области E образуются прослойки сильно повышенной ионизации толщиной 2...3 км, площадь которых может изменяться от единиц до сотен квадратных километров. Этот слой повышенной ионизации, образующийся на высотах 100...110 км, получил название *спорадический слой E* и обозначается E_s. Слой E_s может перемещаться в ионосфере под действием ветров, скорость которых достигает 250 км/ч. В средних широтах летом в дневное время слой E_s за месяц бывает 15..20 дней, в экваториальных широтах он присутствует почти всегда, в высоких широтах E_s обычно появляется в ночное время. Когда ионизация слоя E_s превышает ионизацию слоя F_2, слой E_s препятствует отражению КВ от слоя F_1. Однако в этом случае благодаря отражению от E_s появляется возможность связи на высокочастотных КВ диапазонах и сверхдальнего распространения низкочастотного участка УКВ диапазона.

Самая нижняя область ионосферы — **область D** — расположена на высотах между 50 и 90 км. Здесь сравнительно мало свободных электронов. От области D отражаются средние и длинные волны. Это основная область *поглощения* радиоволн низкочастотных КВ диапа-

зонов После захода Солнца ионизация этой области очень быстро исчезает и появляется возможность проведения дальних связей на диапазонах 160 и 80 м при отражении от слоев F_2 и E

Имеются два пути распространения радиоволн поверхностный и ионосферный При *поверхностном* распространении короткие волны испытывают сильное поглощение, а при *ионосферном* с помощью передатчиков относительно небольшой мощности (в несколько сотен, а то и десятков ватт) возможна двусторонняя связь между радиостанциями, удаленными друг от друга на тысячи километров

Как же происходит ионосферное распространение? Волна (рис 1 1), излучаемая под углом к горизонту, на своем пути к месту приема пронизывает области ионосферы D и E и отражается от слоя F_2 обратно к Земле То есть происходит не отражение волны ионизированного слоя, а как бы зеркальное переизлучение Радиоволна, проходя через ионизированную область, вызывает колебания с частотой волны свободных электронов, которые, в свою очередь, сами становятся источником излучения На возбуждение электронов расходуется энергия волны В областях E и D, где плотность газа выше, чем в области F, энергия волны частично теряется, переходя в тепловую после соударения электронов с молекулами Таким образом, пройдя сквозь области D и E ионосферы и отразившись от области F, волны возвращаются к Земле, вновь проходя через области E и D Расстояние по земной поверхности между пунктами А и Ж называется *скачком* Максимальная длина скачка может достигать 3500 км или чуть больше в случае применения передающей антенны, излучающей под малыми углами к горизонту

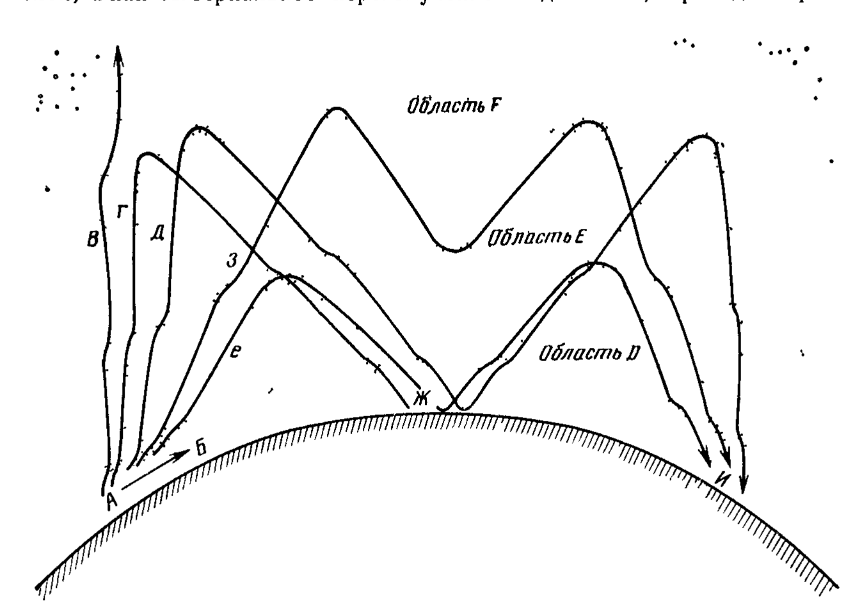


Рис 1 1 Возможные варианты распространения радиоволн (передатчик находится **в пункте А)**

АБ — поверхностная волна г — односкачковое отражение от области F (БЖ— «мертвая» зона) д — двухскачковое отражение от области F в — частота превышает отражательную способность области F з — волна в ионосферном волноводе между областями E и F е – двухскачковое отражение от области

При последовательном отражении от ионосферы и от поверхности Земли или воды КВ могут распространяться и на расстояние, превышающее один скачок В этом случае имеет место так называемое *многоскачковое распространение* Оно позволяет перекрывать расстояния во много тысяч километров Основная трудность такой многоскачковой связи состоит в существенном поглощении волны при многократном прохождении через области D и E В области F волна также поглощается, но значительно меньше Практически многоскачковая связь возможна только через ночную сторону Земли Однако иногда на дневной стороне не создаются особые условия распространения КВ, при которых волна, отразившись от слоя F_2, не возвращается к Земле, а попадает как бы в коридор (волновод) между слоями F_2 и E В этом случае возникает *рикошетное распределение*, при котором возможна связь на дальние расстояния с малыми потерями Характерным примером этого вида ионосферного распространения могут служить связи советских любительских радиостанций в Антаркти-

де с Европейской частью СССР, когда связь по короткому ночному пути оказывается менее устойчивой, чем связь по длинному пути, проходящему по освещенной Солнцем части Земли. *Радиоэхо* также обусловлено образованием ионосферного волновода с очень малыми потерями энергии волны.

На высокочастотных КВ диапазонах довольно редко появляется хорошо знакомое ультракоротковолновикам тропосферное распространение. *Тропосферой* называется нижняя часть атмосферы Земли до высоты 8...18 км (в зависимости от широты). Состояние тропосферы характеризуется давлением, температурой и влажностью воздуха. Изменение этих параметров в зависимости от времени года, суток, метеорологических условий приводит к образованию в тропосфере неоднородностей с отличными друг от друга электрическими параметрами (главным образом диэлектрической проницаемостью). Неоднородности тропосферы в горизонтальном направлении приводят к искривлению траектории волны, т. е. к *рефракции*. Неоднородности тропосферы в вертикальном направлении приводят к образованию своеобразных *волноводов* как между слоями воздуха, так и между слоем воздуха и поверхностью Земли. На КВ тропосферное прохождение дает возможность проводить связи на расстояние до 1000 км.

1.2. СОЛНЦЕ И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Чтобы были понятны принципы, на которых основывается прогнозирование распространения КВ, необходимо кратко ознакомиться с физическими свойствами Солнца, с потоком энергии, постоянно излучаемым им на нашу планету, и с изменением этого потока во времени.

Солнце — это желтая звезда небольшого размера с медленным вращением и относительно небольшой температурой поверхностных слоев Солнце представляет собой водородную звезду. По современным представлениям около 90% по числу атомов составляет водород, 10% — гелий и менее 0,1% — другие элементы. Радиус Солнца в 100 с небольшим раз больше радиуса Земли. Солнце вращается вокруг своей оси в том же направлении, что и Земля. Период вращения изменяется от 27 земных суток на экваторе и до 32 суток у полюсов. Линейна скорость точки, находящейся на экваторе, равна примерно 2 км/ч, однако ближе к полюсам вращения эта скорость уменьшается. Это так называемое *дифференциальное вращение*, обычно присущее жидким и газовым средам.

От ближайшей после Солнца звезды свет к Земле идет 4,3 года, а на весь путь от Солнца к Земле свету требуется чуть больше 8 мин. Солнце является плазменным шаром, от которого во все стороны расходятся потоки плазмы (встречаются разные названия — потоки частиц, корпускулярные потоки). Совокупность их называется *солнечным ветром*, и поэтому вся Земля как бы находится в объятиях Солнца. Скорость невозмущенного (спокойного) солнечного ветра 300...600 км/с, так что путь частиц до Земли занимает трое-четверо суток.

Воздействие Солнца на физические процессы, происходящие вблизи Земли и на ее поверхности, осуществляется различными видами электромагнитного излучения и потоком корпускул, несущих с собой и магнитное поле.

Основное излучение спокойного Солнца — белый свет. Он несет на Землю 1,36 киловатта энергии в минуту на квадратный метр поверхности (вне атмосферы Земли перпендикулярно лучам Солнца). Излучаемая им энергия в радиодиапазоне мала и сильно зависит от солнечной активности. Ультрафиолетовое и рентгеновское излучения тоже несут с собой мало энергии Они в сотни тысяч раз слабее, чем видимое излучение Солнца, однако очень важны для образования ионосферы, даже в случае спокойного Солнца. При усилении солнечной активности энергия, излучаемая в рентгеновской и ультрафиолетовой областях спектра, резко возрастает.

Солнечной активностью называется совокупность характерных образований на Солнце—таких, как появление пятен, вспышек, факелов, флоккулов и протуберанцев в короне.

До недавнего времени активность Солнца определялась только по количеству пятен на его видимой стороне (рис. 1.2). Подсчет активности в приведенных числах солнечных пятен производился по формуле

$$R(W) = K(10g - f),$$

где g — число отдельных групп пятен (одиночное пятно также считается группой); f — суммарное число всех пятен на диске; K — множитель, подбираемый для каждого телескопа, каждой обсерватории так, чтобы число R в среднем было одинаковым у всех обсерваторий.

Впервые стали регулярно регистрировать солнечную активность в 1849 г. Цюрихской обсерватории в Швейцарии. Там же астрономом Р. Вольфом была предложена и формула для подсчета активности Солнца в приведенных числах солнечных пятен, получивших название *чисел Вольфа*. Однако в настоящее время более перспективным способом определения солнечной активности является измерение мощности потока радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см (2800 МГц) Мощность потока хорошо согласуется с числами Вольфа вплоть до самых малых значений.

В 20...40% групп пятен в определенной фазе их развития происходят солнечные вспышки. При вспышках, которые обычно продолжаются несколько минут (вспышки с большей продолжительностью регистрируются редко), увеличиваются ультрафиолетовое и рентгеновское излучения, происходят всплески радиоизлучения и выбросы плазмы. Особенно сильные солнечные вспышки со значительным влиянием на магнитосферу Земли называются *протонными*, так как они являются источником протонов с высокой энергией. Достигая Земли через 20...40 ч после вспышки протоны вызывают сильные магнитные бури.

Числа Вольфа на солнечных обсерваториях определяются каждый день. Среднемесячные значения чисел Вольфа представляют собой усредненные значения почти за один оборот Солнца, т. е. дают характеристику состояния поверхности всего диска, что физически более оправданно. При исследованиях изменений солнечной активности за длительное время используют среднегодовые значения чисел Вольфа. Но даже и эти значения имеют неожиданные скачки, так что кривую солнечной активности строят по методу скользящего среднего. Такую кривую среднегодичных относительных чисел солнечных пятен впервые построили в середине прошлого века в Цюрихской обсерватории. Оказалось, что изменения солнечной активности происходят периодически, причем длина периода (или цикла) в среднем составляет 11,1 года. Продолжительность самого короткого цикла была семь лет, а самого длинного — 16. Все циклы, начиная с 1750 г., пронумерованы (рис. 1.3). Так, наиболее сильный цикл, максимум которого пришелся на 1958 г., имел порядковый номер 19. Осенью 1986 г., начался новый цикл № 22. По оценкам специалистов, следующий максимум солнечной активности придется на 1990—1992 гг. и его величина ожидается средней (число Вольфа не перевысит 140...150).

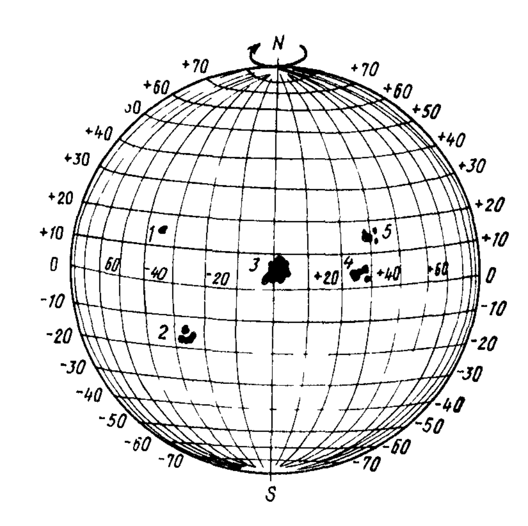


Рис. 1.2. Характерная картина расположения пятен на диске Солнца (для данного примера число Вольфа $W = 1 \times (10 \times 5 + 9) = 59$)

Рис 1.3 График солнечной активности в числах Вольфа (в кружке номер цикла). Пунктиром показан возможный ход 22-го цикла

1.3. КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ

Галилей первым заметил, что пятно, появившееся на восточном краю солнечного диска, постепенно перемещается слева направо, к западному краю. А некоторые пятна, исчезнув, снова появляются с другого края через 27 суток. Давно было замечено, что магнитные бури на Земле связаны с активностью Солнца (рис. 1.4) и что сильные магнитные бури в основном повторяются через каждые 27 дней. Позднее учеными было обнаружено что после того как активная область (чаще всего группа пятен) пройдет через центральный меридиан Солнца, то через 20...40 ч на Земле начинается магнитное возмущение. Особенно сильные магнитные бури возникают после солнечных вспышек. Магнитные бури всегда сопровождаются полярными сияниями; чем сильнее возмущение магнитного поля Земли, тем интенсивнее полярное сияние и тем ниже по широте оно наблюдается. Есть сведения о свечении неба в Крыму и даже в районах Средиземноморья.

Во время магнитной бури в земной коре, в проводных системах связи, в линиях электропередач, в нефте- и газопроводах под действием электромагнитной индукции наводятся сильные и беспорядочно меняющиеся электрические токи. Эти токи вызывают аварии и помехи в телефонной и телеграфной (телетайпной) связи, выход из строя систем автоматики и контроля на линиях электропередач и сильную электрохимическую коррозию металла в местах соприкосновения с землей трубопроводов и опор высоковольтных линий.

Коротковолновикам большие неприятности доставляют ионосферные возмущения (бури), приводящие к ослаблению сигналов принимаемых станций, а иногда и к полному прекращению прохождения на отдельных (чаще всего высокочастотных) диапазонах.

Ионосферные возмущения тесно связаны с сильными колебаниями магнитного поля Земли и представляют собой единый комплекс явления *ионосферно-магнитного возмущения*. По интенсивности и характеру протекания ионосферных возмущений территорию Советского Союза можно условно разделить на три зоны: *авроральную*, южная граница которой проходит несколько севернее Ленинграда и идет приблизительно по геомагнитной параллели; *среднеширотную* с южной границей примерно на широте Ростова-на-Дону и *южную* зону, включающую Крым, Кавказ и Советскую Среднюю Азию. В авроральной зоне ионосферные бури наступают одновременно с магнитными (или даже чуть раньше), а на средних широтах возмущение ионосферы начинается на несколько часов позднее. На южных широтах эти возмущения наблюдаются довольно редко и почти не создают помех для радиосвязи. В эти периоды критическая частота слоя F_2 на южных широтах бывает часто повышенной.

Что же происходит с ионосферой во время ионосферной бури? Прежде всего понижается критическая частота слоя F_2 и развивается сильный диффузионный поток. При диффузии отраженный от ионосферы сигнал оказывается сильно ослабленным, во-первых, из-за рассеянного отражения, а во-вторых, из-за отражения на разных высотах, в результате чего отраженные сигналы приходят в точку приема в разное время. Затем появляется спорадический слой E*, причем на высоких широтах он может полностью экранировать все вышележащие слои. В полярной шапке на уровне слоя D возникает полное поглощение. На средних широтах падение критической частоты слоя F_2 доходит до 50...60%, а иногда и более. Обычно в дневные часы ионосферное возмущение несколько ослабевает, уменьшаются поглощение, спорадический слой E и диффузионный поток. Ионосферно-магнитные возмущения длятся обычно около суток, иногда двое суток (редко больше).

Очевидно, что предсказание периодов геомагнитных возмущений и возможных изменений в ионосфере крайне важно для радиосвязи (в том числе и любительской). С этой целью в СССР и ряде других стран организована служба краткосрочных прогнозов для предсказания периодов возмущений и вероятных отклонений параметров ионосферы и условий радиосвязи от их нормального (спокойного) состояния. Такие центры прогнозов имеются в Москве, Токио, Париже, Боулдере (США) и Сиднее. Между центрами имеется оперативно действующая телексная связь для обмена гелиогеофизической информацией. В Советском Союзе на базе Гидрометеослужбы в Хабаровске, Новосибирске, Ташкенте и Мурманске действуют районные прогностические центры. Подобные центры имеются и в других странах. Центры прогнозов обмениваются результатами наблюдений Солнца (количество

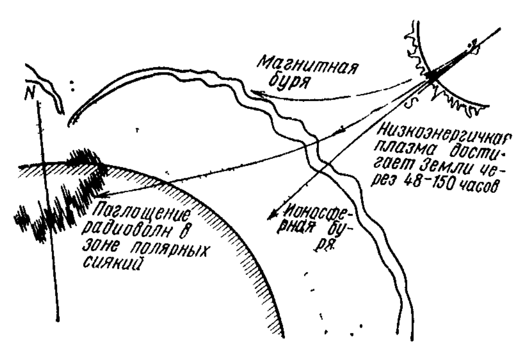


Рис. 1.4. Схема геофизических явлений на Земле от проходящей через центральный меридиан Солнца активной области

* Слой со спорадической ионизацией, расположенной в области E.

и местоположение пятен, вспышки, флоккулы, корона, рентгеновское и радиоизлучения на различных частотах и др.), данными вертикального зондирования ионосферы и информацией о состоянии магнитного поля Земли. Сведения оперативно поступают в центры прогнозов от солнечных, геомагнитных и ионосферных обсерваторий и станций, расположенных в регионе прогностического центра. Так, Москва является региональным Европейским центром, к которому относится вся территория СССР, социалистические страны Европы, КНР, Монголия и Италия. Центры обмениваются также данными о внезапных нарушениях радиосвязи и своими прогнозами солнечных вспышек, периодов магнитных возмущений, потока радиоизлучения Солнца и условий распространения радиоволн. Для прогнозирования ионосферно-магнитных возмущений все центры используют сходные методики, основанные на повторяемости возмущений через 27 суток и использовании оперативной информации об активных процессах на Солнце. В Московском прогностическом центре используются методы прогноза, разработанные в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН).

Газета «Советский патриот» в начале каждого месяца в рубрике «На любительских диапазонах» сообщает для радиолюбителей предварительный месячный прогноз магнитной возмущенности. Там же даются уточненный прогноз числа Вольфа на текущий месяц и зарегистрированные периоды геомагнитных возмущений за прошлый месяц. К сожалению, месячный геомагнитный прогноз, основанный на 27-дневной повторяемости, не всегда оправдывается. Это связано с тем, что активная область, вследствие которой на Земле была зарегистрирована магнитная буря, уйдя за лимб Солнца (около 13 дней мы не будем иметь о ней информации), иногда распадается и ожидаемого эффекта на следующем обороте не наступает. Одновременно на оборотной стороне Солнца может образоваться новая активная область, которая при подходе к центральному меридиану Солнца вызовет магнитное возмущение в те дни, которые по месячному прогнозу ожидаются совершенно спокойными. И наконец, солнечные вспышки. Их прогнозируют, создают новые, более совершенные методики прогнозирования, но до сих пор реально можно указать только период возможного появления вспышки без указания конкретного дня и на время не более одной недели вперед. А вспышка на Солнце обычно вызывает на Земле особо сильную магнитную бурю, даже если область, где она произошла и не находится на центральном меридиане. Случается, что вспышка и за лимбом Солнца приводит к возмущению магнитного поля Земли, правда, не очень сильному.

С целью учета всех этих непредсказанных в месячном прогнозе явлений Московский прогностический центр составляет пятидневный прогноз геомагнитной возмущенности, в котором (по возможности) учитывается вся полученная к моменту составления прогноза оперативная информация о Солнце. Этот прогноз передается в эфир 5, 10, 15, 20, 30 или 31 числа каждого месяца радиостанцией REM-4 телефоном на частотах 6700, 7450, 11 275 и 13 360 кГц. Начало передачи в 13.25 MSK, радиосводка следует после консультации по синоптической карте погоды. Пятидневный прогноз передается кодом МАГХА ПРОГНОЗ. После слова ПРОГНОЗ следует группа из пяти цифр, например 11310. Цифрами определяется прогнозируемое состояние магнитного поля на каждые сутки пятидневки по пятибалльной системе: 0 — очень спокойно, 1 — спокойно, 2 — неустойчиво, 3 — слабо возмущено, 4 — умеренно возмущено, 5 — сильно возмущено.

В радиосводке 5-го числа сообщается прогноз на 6—10-е числа, 10-го числа — на 11—15-е числа и т. д. В радиосводке 30 (31)-го числа сообщается прогноз на 1—5-е числа следующего месяца. Пятидневный прогноз в радиосвязи почти исключает непредсказуемое появление магнитных возмущений. Однако и в этом случае не учитывается возмущение от вспышки, происшедшей уже после составления прогноза, но это бывает крайне редко.

Методика прогнозирования состоит в следующем. Прогнозируется реакция ионосферы на балл магнитного возмущения. Как правило, слабое магнитное возмущение затрагивает только авроральную зону и полярную шапку. Умеренное магнитное возмущение ухудшает отражательные способности ионосферы и на средних широтах. Сильное магнитное возмущение сначала может вызвать повышение критических частот на юге, изменив состояние ионосферы на средних широтах. Но бывает (редко), что при сильной магнитной буре и на южных широтах начинают понижаться критические частоты. Далее необходимо определить, на каких широтах лежит (или какие широты пересекает) интересующая коротковолновика трасса. Положение трассы необходимо определить по географическому глобусу, а не по карте. Для этого удобно использовать учебный лабораторный глобус, имеющий подвижную прозрачную линейку для определения расстояний. А зная состояние прохождения в настоящее время и прогноз магнитных возмущений на несколько дней вперед, можно довольно точно спрогнозировать ухудшение (или улучшение) связи.

1.4. ДОЛГОСРОЧНОЕ И МЕСЯЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНО ПРИМЕНИМЫХ ЧАСТОТ

В журиале «Радио» в разделе «CQ-U» ежемесячио публикуется прогиоз прохождения радиоволи иа высокочастотных любительских диапазоиах (14—28 МГц). Этот прогноз представляет собой выполиеиный иа ЭВМ расчет максимально применимых частот (МПЧ) при миогоскачковом распространеиии радиоволи с отражеиием от слоя F_2 и от Земли (рис. 1.5). При расчете МПЧ прииимаются во вниманиe сезонные и широтные распределеиия электроииой концентрации в ионосфере и прогиоз солиечной активиости в сглаженных числах Вольфа. Расчет трасс производится за несколько месяцев до получения журиала подписчиками, поэтому прогиоз (точнее, оценка) солнечиой активиости может отличаться от той, которая реальио сложится в прогнозируемом месяце. При значительной ошибке прогиоз может оказаться завышеиным или заииженным. Скорректировать прогиоз (хотя бы качествеино) можно, используя уточиеииое число Вольфа.

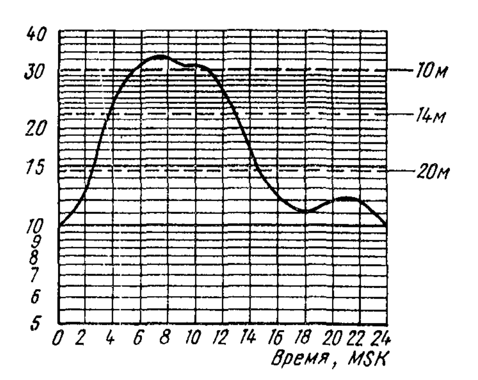


Рис 1 5 Расчет на ЭВМ прогноза МПЧ для трассы Иркутск — Сидней на январь 1989 г. (три скачка по 3 530 км каждый)

Прогиоз для иескольких районов СССР представлен в виде таблицы (рис. 1.6). Ее левая часть содержит азимут угла поворота аитеииы (с точиостью до одного градуса) и префиксы позывиых конечиых и промежуточиых (для каждого скачка) точек трассы. Для удобства пользования трассы, пересекающие полярную шапку, помечены буквой П, авроральиую зоиу — буквой А. В клетках, получеииых при пересечении вертикальиых граф (время UT) и горизоитальиых строк (радиотрасса), приведены диапазоиы, на которых возможиа связь с коиечиым и любым промежуточиым пуиктом. Если ожидается, что связь в каком-то диапазоне будет неустойчивой, то в таблице его выделяют либо цветом, либо «вывороткой». Во всех случаях, когда рекомендуется ВЧ диапазон, возможиа работа и в более иизкочастотиом. Однако иеобходимо учитывать, что работа в более высокочастотном диапазоне энергетически выгоднее.

Отражающая способиость слоя F_2 измеияется каждый месяц, поэтому МПЧ для начала и конца месяца могут быть различны Прогноз прохождения радиоволн рассчитывается иа середину месяца; для большей точности в иачале и коице месяца его иужио корректировать

	Азимут град	Трасса	Время UT												
			0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
UA3 (с центром в Москве)	15П	KH6			14	14	14	14							
	93	VK		14	14	14	14								
	195	ZS1				14	14	14	14	11	14				
	253	LU							14	14	14	14	14	14	
	298	HP								14	14	14	14	14	
	311A	W2							14	14	14	14	14	14	
	344П	W6											14		

Рис 1 6 Образец прогноза прохождения радиоволи, публикуемый в журнале «Радио» (для Москвы иа июнь 1987 г.)

с учетом прогноза на следующий месяц. Поясним это иа примере. Допустим, на трассе Москва — Сидней (рис. 1.6) в 6UT на март указан штриховой линией диапазои 21 МГц (связь неустойчива). А иа апрель в это же время прогиозируется связь только в диапазоие 14 МГц. Здесь с большой увереииостью можио сказать, что в коице марта прохождеиия в диапазоне 21 МГц ие будет. Такую коррекцию особеиио полезио делать в периоды равнодеиствия (март — апрель, сентябрь — октябрь), когда сезоииые изменения иоиизации слоя F_2 особенно велики.

Прогноз прохождения радиоволн справедлив для спокойного состояния ионосферы. Его коррекцию для возмущенных дней необходимо делать самим радиолюбителям с учетом прогнозируемого состояния магнитного поля и расположения конкретной трассы связи.

1.5. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ НА ОТДЕЛЬНЫХ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ КВ ДИАПАЗОНАХ

Опытные радиолюбители знают, на каких диапазонах, когда, с какими районами и странами удобнее всего работать. Дать же подобные рекомендации начинающим коротковолновикам практически невозможно, так как трудно учесть все особенности распространения радиоволн для каждого конкретного географического района. Однако существуют некоторые общие характеристики любительских КВ диапазонов, с которыми полезно познакомиться.

Диапазон 160 м (1830... 1930 кГц). Самый «длинноволновый» диапазон — ночной, так как днем связь возможна только поверхностной волной на расстояние 50...60 км (это расстояние может быть существенно больше, если трасса связи проходит над водной поверхностью). Ночью дальность связи может превышать 1000 км. Зимой в период минимума солнечной активности возможны связи на расстояние в несколько тысяч километров. Летом на этом диапазоне очень сильные атмосферные помехи, и связь затруднена.

Диапазон 80 м (3500...3800 кГц). Днем на этом диапазоне возможна связь на 300...400 км. Как и в диапазоне 160 м, здесь летом много атмосферных помех. Зимней ночью, особенно в период минимума солнечной активности, обычно связь на 5...7 тыс. км, а иногда и более. В это время особенно хорошо проходит связь над водной поверхностью.

Диапазон 40 м (7000...7100 кГц). Этот диапазон по своим характеристикам схож с диапазоном 80 м, но здесь меньше атмосферных помех, чем в диапазонах 160 и 80 м. Поэтому и днем, и ночью здесь возможна связь на большие расстояния (днем до 2 тыс. км, а при хорошем прохождении и больше). Зимней ночью возможны связи на многие тысячи километров через ночную сторону Земли.

В диапазонах 160, 80 и 40 м существует явление дальнего прохождения, при котором возможна связь со станциями, расположенными на другой стороне земного шара. Это прохождение непродолжительное, бывает во время восхода и захода Солнца и связано с резким наклоном (изменением высоты) слоя F_2, способствующим выведению к Земле волны из часто образующегося на ночной стороне в ионосфере волновода между слоями F_2 и E. Обычно в диапазоне 160 м это прохождение длится несколько минут, в диапазоне 80 м — около 30 мин и в дипазоне 40 м — час или больше. А так как МПЧ волновода редко бывает высокой, то соответственно это прохождение чаще появляется в диапазоне 160 м, чем в диапазоне 40 м. Наилучшие условия для ввода и вывода волны из ионосферного волновода образуются в период магнитных бурь. Поэтому обычно в эти дни прохождение в диапазоне 20 м или отсутствует совсем, или очень плохое.

Диапазон 30 м (10 100...10 150 кГц). Этот диапазон относительно недавно передан радиолюбителям (на вторичной основе). Большого опыта работы в этом диапазоне еще нет. Профессиональные связисты считают его пригодным для связи в любое время суток вне зависимости от сезона. Солнечная активность относительно мало влияет на отражение волн этого диапазона. В период минимума активности Солнца частоты диапазона отражаются от ионосферы. Слой D даже при сильной ионизации практически не оказывает существенного влияния на поглощение сигнала.

Диапазон 20 м (14 000...14 350 кГц). Этот диапазон самый популярный среди радиолюбителей для работы с DX. Однако для местных связей он не очень удобен из-за затухания поверхностной волны. В период высокой солнечной активности на нем можно работать с дальними станциями практически круглосуточно, а в период минимальной активности Солнца — только в дневные часы. Для устойчивых дальних связей здесь еще имеет значение и то обстоятельство, что, в отличие от НЧ диапазонов, на диапазоне 20 м широко применяются вращающиеся направленные антенны.

Диапазон 15 м (21 000...21 450 кГц). Прохождение на этом диапазоне существенно зависит от уровня солнечной активности — во время максимума проведение связи возможно большую часть суток. В этом диапазоне можно легко организовать устойчивую связь с удаленной станцией (например, Австралией), что в это же время затруднительно сделать на диапазоне 20 м, где сигнал не так устойчив, и помех больше. В период низкой солнечной активности прохождение на этом диапазоне наблюдается только днем и непродолжительно.

Диапазон 10 м (28 000...29 700 кГц). Самый высокочастотный любительский КВ диапазон, прохождение на котором сильно зависит от уровня солнечной активности — в период минимума связь на дальние расстояния невозможна. При средней солнечной активности (где-то в середине цикла) связь возможна только в дневное время зимой. А в период максимальной активности Солнца с DX станциями можно работать до позднего вечера. Этот диа-

пазон охотно используют радиолюбители для местных связей, несмотря на большое затухание поверхностной волны. Здесь практически нет атмосферных и индустриальных помех.

В диапазонах 15 и 10 м возможно прохождение сигнала, связанное с отражением волны от E_S-образований. Как правило, в средних широтах это чаще случается в летнее время и не не зависит от уровня солнечной активности. Обычно это односкачковое отражение (два скачка бывает реже, при очень сильной ионизации). А так как высота E_S около 100 км, то и длина одного скачка меньше, чем при отражении от слоя F_2, и может достигать до 2000 км (до 4000 км для двух скачков). Это прохождение обычно кратковременно, но бывают дни, когда оно длится по много часов подряд.

2. ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩАЯ АППАРАТУРА

2.1. КОРОТКОВОЛНОВЫЕ ПРИЕМНИКИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

2.1.1. Требования к приемникам

Приемные устройства характеризуются следующими параметрами: диапазоном принимаемых частот, видом принимаемого сигнала, чувствительностью, избирательностью, диапазоном частот и мощностью выходного сигнала.

Приемник любительской КВ станции должен работать во всех отведенных радиолюбителям диапазонах. Даже если радиостанция работает на передачу только на части любительских диапазонов, желательно иметь возможность прослушивать и остальные диапазоны. Поэтому КВ приемник любительской радиостанции должен обеспечивать прием сигналов в следующих диапазонах частот (с учетом обеспечения приема на участках любительских диапазонов, в которых советские радиолюбители на передачу не работают): 1800...2000, 3500... 4000, 7000...7300, 10 100...10 150, 14 000...14 350, 18 068...18 168, 21 000...21 450, 24 890... 24 990, 28 000...29 700 кГц.

При создании КВ приемника можно учесть и возможность приема радиовещательных станций, которые работают в следующих диапазонах частот: 5950...6200, 7100...7300, 9500... 9775, 11 700... 11 975, 15 100...15 450, 17 700...17 900, 21 450...21 750 и 25 600...26 100 кГц.

Любительские радиостанции при работе телеграфом и приеме сигналов на слух используют «незатухающие колебания» (CW). При работе телефоном в основном используется однополосная модуляция (SSB) и редко обычная амплитудная модуляция (AM). Радиовещание на КВ ведется в основном с AM.

Таким образом, любительский КВ приемник должен обеспечивать прием сигналов CW, SSB и (не обязательно) AM. Режим SSB обеспечивает также и прием любительского телетайпа (RTTY).

Чувствительность приемника определяется минимальным напряжением сигнала на его входе (в микровольтах), необходимого для получения на его выходе вполне определенного соотношения сигнал-шум. Радиолюбители измеряют чувствительность при отношении сигнал-шум, равном 10 дБ, причем уровень шума определяется при подключении к входу приемника вместо антенны эквивалентного сопротивления (50 или 75 Ом). Для определения требований к чувствительности можно пользоваться табл. 2.1, из которой следует, что для приема сигналов слабых станций чувствительность должна быть не хуже 0,5...1 мкВ.

Способность приемника принимать только выбранный сигнал определяется его избирательностью. Различают односигнальную и многосигнальную избирательности.

Односигнальная избирательность определяется только характеристикой избирательного элемента приемника — его фильтра основной селекции. Радиолюбителям доступны эффективные фильтры, электромеханические и кварцевые. Коэффициент прямоугольности (отношение полосы пропускания фильтра по уровню 6 дБ к полосе пропускания по уровню 60 дБ) у электромеханических фильтров не хуже 1,7, а у кварцевых — не хуже 2.

Многосигнальная избирательность определяется способностью приемника выделять нужный сигнал при одновременном воздействии на его вход нескольких сигналов, частоты которых лежат за полосой пропускания фильтра основной селекции. При недостаточной линейности тракта приемника до фильтра основной селекции мощные сигналы, сами не попадающие в полосу пропускания этого фильтра, могут дать комбинационные составляющие, которые попадут в его полосу пропускания.

Полоса частот, занимаемая сигналом CW, измеряется десятками или (при очень больших скоростях передачи) сотнями герц. Для приема сигналов SSB необходима полоса про-

Таблица 2.1

Оценка по шкале S	Качественная оценка	Напряжение сигнала на входе приемника, мкВ
1	Едва слышен, прием невозможен	0,2
2	Очень слабые сигналы, прием невозможен	0,4
3	Очень слабые сигналы, прием с большим напряжением	0,8
4	Слабые сигналы, прием с небольшим напряжением	1,5
5	Удовлетворительные сигналы, прием почти без напряжения	3
6	Хорошие сигналы, прием без напряжения	6
7	Умеренно громкие сигналы	12
8	Громкие сигналы	25
9	Очень громкие сигналы	50
9+20 дБ	Еще более громкие сигналы	500
9+40 дБ	Чрезвычайно громкие сигналы	5000
9+60 дБ	Самые громкие сигналы	50 000

пускания 2,5...3 кГц, любительских АМ станций — 6 кГц, вещательных станций — 10 кГц Из этого следует, что если полоса пропускания приемника не регулируется, то она должна быть около 3 кГц. Для оптимизации условий приема сигналов CW при помехах желательно иметь возможность сузить ее до 300 или даже до 100 Гц, а для обеспечения хорошего приема АМ необходимо расширить полосу пропускания до 6, а при приеме радиовещания до 10 кГц. Должна быть обеспечена возможность приема самых слабых сигналов при одновременном воздействии на вход приемника не попадающих в полосу пропускания самых сильных сигналов. В соответствии с табл. 2.1 отношение этих сигналов составляет 100 дБ — это и есть желаемое значение многосигнальной избирательности приемника.

При приеме сигналов CW на слух тон должен быть в пределах 500...1000 Гц. При приме SSB сигналов полоса частот на выходе приемника находится в диапазоне 300...3000 Гц. Выходная мощность приемника (достаточно 0,1 Вт) должна обеспечить нормальную работу головных телефонов или громкоговорителя.

Исходя из требований к чувствительности приемника и его выходной мощности определяем общее усиление во всем тракте приемника. При выходной мощности 0,1 Вт и сопротивлении обмотки громкоговорителя 10 Ом напряжение ЗЧ на выходе приемника будет равно 1 В. Учитывая, что усиление приемника должно иметь некоторый запас, примем уровень сигнала ЗЧ на входе приемника, обеспечивающий получение 1 В ЗЧ на его выходе, равным 1 мкВ. Таким образом, общее усилие во всем тракте приемника любительской КВ станции должно быть близким к 10^6.

2.1.2. Структурные схемы приемников

Простейший из возможных типов КВ приемников — приемник прямого усиления. Он может быть использован только для приема сигналов АМ; амплитудный детектор такого приемника выделит полезный сигнал при подаче на него суммы сигналов несущей частоты и двух (или ослабленной одной) боковых полос.

При приеме сигналов CW и SSB несущая частота должна быть выработана на месте приема. Такой приемник можно рассматривать как устройство, обеспечивающее перенос спектра принимаемого сигнала в область ЗЧ. Приемник обязательно содержит преобразователь частоты, состоящий из смесителя и гетеродина. В приемнике прямого преобразования (рис. 2.1) входной сигнал сразу преобразуется в сигнал звуковой частоты. Перед смесителем этого приемника должна быть включена входная цепь, обеспечивающая оптимальное согласование с антенной, и не обязательно усилитель сигналов, поступающих от антенны (усилитель радиочастоты — УРЧ). После смесителя обязательны фильтр, выделяющий полезную (низкочастотную) часть спектра преобразованных сигналов, и усилитель сигналов звуковой частоты — УЗЧ. Принципиальным недостатком простого приемника прямого преобразования является наличие двух каналов приема — в сигнал звуковой частоты, выделяемый фильтром, превращаются как сигнал, превышающий по частоте сигнал гетеродина на резонансную частоту фильтра, так и сигнал, который имеет частоту, меньшую частоты гетеродина на эту же величину. Известны способы ослабления одного из каналов приема и фазовым методом, но их сложность лишает приемник прямого преобразования его основного достоинства — простоты.

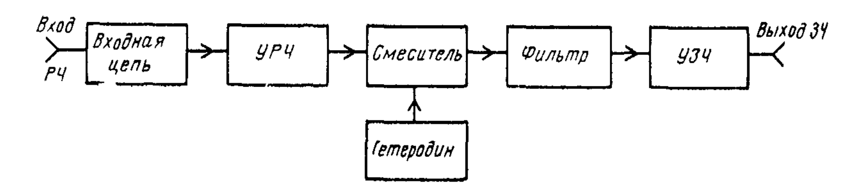


Рис. 2.1. Структурная схема приемника прямого преобразования

Основное усиление в приемнике прямого преобразования осуществляется в УЗЧ, так как получить большое усиление на частоте сигнала затруднительно. Современные полупроводниковые приборы, имеющие малый уровень низкочастотных шумов, позволяют получить необходимое для любительского КВ приемника усиление (до 10^6) в УЗЧ, но практическая реализация такого усилителя, особенно в приемниках, питаемых от сети переменного тока, задача сложная. Тем не менее приемники прямого усиления завоевывают все бо́льшую популярность у радиолюбителей-коротковолновиков.

Оба недостатка приемника прямого преобразования (двухчатотный прием и необходимость большого усиления в УЗЧ) могут быть устранены в супергетеродинном приемнике. На рис. 2.2 приведена структурная схема супергетеродина с одним преобразованием частоты. В таком приемнике 1-й смеситель и 1-й гетеродин обеспечивают преобразование частоты сигнала, поступающего на вход приемника, в промежуточную частоту (ПЧ), выделяемую фильтром, следующим за 1-м смесителем. Основное усиление осуществляется на промежуточной частоте в усилителе промежуточной частоты (УПЧ). Сигналы ПЧ в сигналы звуковой частоты преобразуют 2-й смеситель и 2-й гетеродин; 1-й преобразователь частоты супергетеродинного приемника, как и преобразователь частоты приемника прямого преобразования, имеет два канала приема, но эти каналы разнесены на частоту, равную удвоенному значению частоты ПЧ (один на ПЧ выше, а другой на ПЧ ниже частоты 1-го гетеродина). Избирательные элементы входной цепи и УРЧ обеспечивают подавление ненужного (так называемого «зеркального») канала приема при соотношении частот принимаемого сигнала и ПЧ не более 10. Следовательно, для приемника, имеющего диапазон 10 м, ПЧ должна быть не меньше 3 МГц. До появления доступных радиолюбителям кварцевых фильтров, имеющих при собственной частоте 3...10 МГц полосы пропускания 500...3000 Гц и обеспечивающих ослабление внеполосных сигналов на 80...100 дБ, приемники с одним преобразованием частоты не могли полностью удовлетворить требованиям к любительским КВ приемникам. В настоящее время с появлением таких фильтров, специально выпускаемых отечественной промышленностью для радиолюбителей, схема с одним преобразованием частоты стала оптимальной для самодельного КВ приемника.

Так как кварцевый фильтр довольно дорог, то радиолюбители используют электромеханические фильтры, которые изготавливаются с собственной частотой 100...1000 кГц. Специально для радиолюбителей отечественной промышленностью выпускаются наборы электромеханических фильтров с собственной частотой 500 кГц и полосами пропускания 3 кГц, 1100 и 600 Гц. Ослабление внеполосных сигналов у этих фильтров более 60 дБ, и его можно улучшить с помощью LC фильтров в УПЧ. Но супергетеродинный приемник (рис. 2.2) при ПЧ, равной 500 кГц, может обеспечить достаточное ослабление зеркального канала только в диапазонах 80 и 160 м. Поэтому при использовании электромеханических фильтров приемник необходимо выполнить по схеме рис. 2.3 — с двойным преобразованием частоты. В таком приемнике 1-й смеситель и 1-й гетеродин обеспечивают преобразование частоты входного сигнала в 1-ю ПЧ, причем она достаточно высока, так что избирательные элементы, включенные до 1-го смесителя, обеспечивают необходимое подавление зеркального канала 1-го преобразователя частоты. Задача фильтра ПЧ1 — обеспечить подавление зеркального канала 2-го преобразователя частоты, который образуют 2-й смеситель и 2-й гетеродин. Избирательность приемника по соседнему каналу обеспечивается фильтром ПЧ2. Поэтому усиление от входа 1-го смесителя до входа 2-го смесителя должно быть близким к единице,

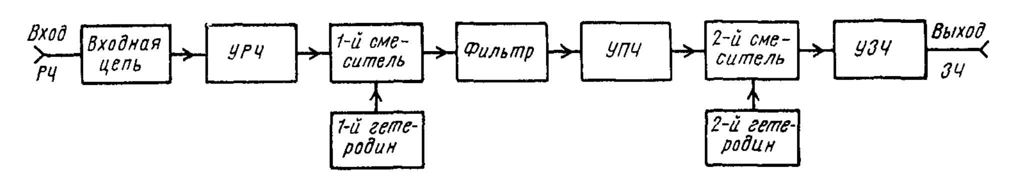


Рис. 2.2 Структурная схема супергетеродинного приемника с одним преобразованием частоты

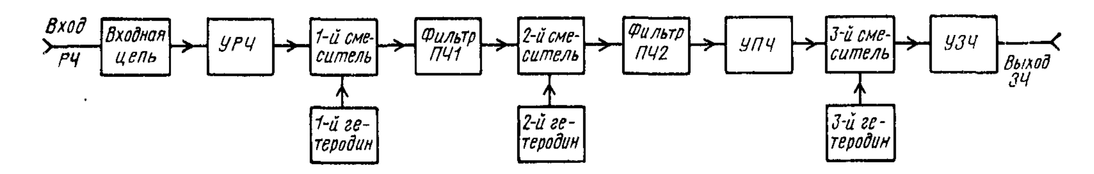


Рис. 2.3. Структурная схема супергетеродинного приемника с двумя преобразованиями частоты

так что усилитель ПЧ1 в этой схеме не нужен. При выборе ПЧ1 и ПЧ2 нужно учитывать необходимость сведения к минимуму числа комбинационных частот, возникающих при 1-м и 2-м преобразованиях частоты. Удачными в этом отношении значениями ПЧ1 являются 5000, 5200, 5300, 5500, 8815, 9000 кГц. При этих частотах значение ПЧ2 можно сделать равным 500 кГц и использовать в качестве фильтров ПЧ2 электромеханические фильтры.

При фиксированном значении ПЧ1 1-й гетеродин приемника (рис. 2.3) должен перестраиваться, а 2-й гетеродин иметь фиксированную частоту. Для улучшения стабилизации частоты настройки приемника рекомендуется сделать частоту 1-го гетеродина фиксированной. Тогда ПЧ1 приемника должна изменяться вместе с перестройкой 2-го гетеродина, что существенно усложняет приемник. Кроме того, в схеме с переменной ПЧ1 (во всей полосе ее перестройки) в любительских конструкциях практически невозможно получить удовлетворительное подавление комбинационных частот пребразователей частоты.

В профессиональных приемных устройствах широко применяется схема с двойным преобразованием частоты, у которого значение ПЧ1 выше максимальной частоты, поступающей на вход приемника (около 45 МГц для КВ приемника). Это приемники с преобразованием частоты «вверх», у которых частоты зеркального канала 1-го преобразователя частоты лежат выше частоты ПЧ1. Избирательные элементы до 1-го преобразователя частоты могут быть выполнены для всех диапазонов в виде одного фильтра, не пропускающего частоты, превышающие верхнюю границу рабочего диапазона. Перестройка такого приемника осуществляется только изменением частоты 1-го гетеродина. Для любительского приемника, работающего в узких участках всего диапазона КВ, исключение полосовых фильтров частоты принимаемого сигнала не компенсирует необходимость использования в качестве фильтра ПЧ1 узкополосного высокочастотного кварцевого фильтра, который должен обеспечить подавление зеркального канала 2-го преобразователя частоты и повышение частоты 1-го гетеродина (в профессиональных приемниках частота 1-го гетеродина формируется обычно цифровыми синтезаторами частоты). Каких-либо достоинств по повышению реальной избирательности приемник с преобразованием «вверх» перед обычным приемником с двойным преобразованием частоты не имеет.

2.1.3. Входные цепи приемников

Входная цепь должна обеспечивать согласование приемника с антенной, т. е. максимальную передачу мощности сигнала, принятого антенной на вход приемника, и защищать приемник от воздействия мощных сигналов радиостанций, работающих вне диапазона.

На рис. 2.4 приведена хорошо зарекомендовавшая себя на практике схема входной цепи, которая может быть применена в коротковолновом любительском приемнике любого типа. В этой схеме имеются два резонансных контура, настраиваемых на частоту сигнала, *широкополосный* контур C1L1—L3C2 и *узкополосный* — C4L4L5. Эти контуры связаны друг с другом только через конденсатор C5.

Широкополосный резонансный контур обеспечивает выбор коэффициента связи приемника с антенной и обычно регулируется до получения максимальной громкости принимаемого сигнала. Но если избирательность приемника оказывается недостаточной, коэффициент связи его с антенной может быть уменьшен увеличением емкости конденсатора C1 до пропадания помехи от внеполосного сигнала.

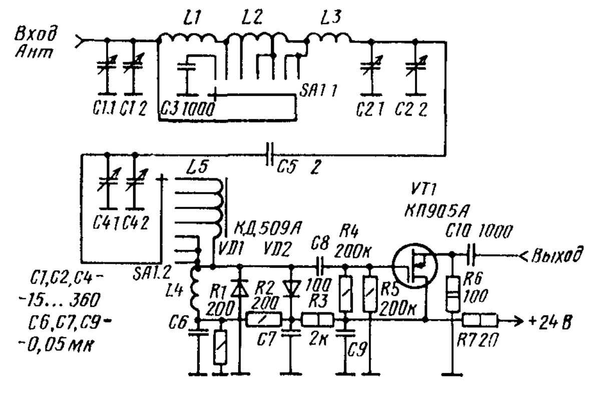


Рис. 2.4. Двухконтурная входная цепь приемника

Узкополосный контур обеспечивает защиту приемника как от сигналов, поступающих по паразитным каналам приема (зеркальная частота, частота ПЧ1), так и от сигналов мешающих станций, работающих в том же диапазоне частот. Добротность этого контура около 300, так что, например, на диапазоне 80 м его полоса пропускания около 12 кГц и при работе на телеграфном участке этого диапазона (3500...3510 кГц) сигналы радиостанций, работающих на телефонном участке (3600...3650 кГц), будут ослаблены на выходе фильтра на 15...20 дБ. Значения элементов схемы рис. 2.4 выбраны таким образом, что при работе от антенны с входным сопротивлением 50...100 Ом, общий коэффициент передачи от соединителя «Вход ант.» до точки соединения L4 и L5 был равен примерно 3 на диапазоне 10 м, 2 на диапазоне 15 м, 1,5 на диапазоне 20 м и т. д. до 0,3 на диапазоне 80 м и 0,15 на диапазоне 160 м. Это сделано исходя из того, что уровень эфирных шумов (напряженность поля радиопомех) на КВ повышается примерно пропорционально увеличению длины волны. Одновременно при понижении частоты обычно увеличиваются размеры антенны, так что при одинаковой напряженности поля полезного сигнала напряжение этого сигнала на выходе антенны возрастает с ростом длины волны. При использовании входной цепи (рис. 2.4) на ее выходе сигналы и шумы будут иметь примерно одинаковое напряжение при переходе с диапазона на диапазон. Правильно выбранный диапазон входных сигналов для УРЧ или смесителя, включенного после входной цепи, будет оптимальным при работе на всех диапазонах.

Снижение коэффициента передачи входной цепи при переходе к более длинным волнам корректируется измерителем уровня сигналов (S-метром) приемника так, что его показания на всех диапазонах соответствуют качественной оценке уровня сигнала (табл. 2.1).

Если S-метр отградуировать в соответствии с табл. 2.1 при постоянном коэффициенте передачи на всех диапазонах, то сигнал с уровнем 1,5 мкВ, который легко принимается на фоне слабых шумов антенны в диапазоне 10 м, будет оценен как слабый сигнал, причем с небольшим напряжением, а сигнал с уровнем 25 мкВ, который на фоне помех в диапазоне 80 м можно и не различать, придется оценить как «громкий сигнал». Использование S-метра без коррекции коэффициента передачи входной цепи приводит к оценкам S1 («едва слышно, прием невозможен») при уверенных связях на высокочастотных диапазонах и оценкам S9 при невозможности приема на низкочастотных диапазонах.

Схема входной цепи (рис. 2.4) содержит элементы защиты приемника от сигналов, уровень которых может вывести из строя истоковый повторитель на мощном полевом транзисторе VT1. Узел защиты состоит из двух диодов VD1 и VD2, шунтирующих высокодобротный контур, на которые подано запирающее смещение напряжением около 2 В.

Истоковый повторитель, имеющий коэффициент передачи примерно 0,7, необходим, если входная цепь включена перед каскадом с низким (сотни ом) входным сопротивлением.

Конструктивные данные элементов входной цепи (рис. 3.4); конденсаторы переменной емкости C1, C3, C4 — малогабаритные, сдвоенные с воздушным диэлектриком от транзисторных приемников (в описанной конструкции использованы конденсаторы настройки приемника «Соната»).

Катушки L1—L5 намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 9 мм. Их намотка выполнена в один слой виток к витку. Катушка L1 содержит 50 витков (провод ПЭШО 0,31); L2 (считая от конца, соединенного с L1) — 10 + 5 + 5 витков (провод ПЭШО 0,44); L3 — 6 витков (провод ПЭШО 0,44). Катушка L4 намотана на ребристом каркасе из полистирола, средний диаметр витка 20 мм, число витков 6, длина намотки 20 мм (провод посеребренный, можно использовать и медный или эмалированный, диаметр 2 мм).

Катушка L5 намотана на тороидальном магнитопроводе из феррита марки 30ВЧ2, наружный диаметр 32 мм, внутренний — 16 мм, высота 8 мм (в дальнейшем размеры подобных магнитопроводов будем указывать как 32 × 16 × 8 мм). Магнитопровод обмотан лентой из фторопласта и затем равномерно распределенной по сектору 300° обмоткой проводом ПЭВ-0,64.

Число витков (считая от соединенного с L4 конца) 6 + 3 + 6 + 6.

Выполненные описанным способом катушки L4 и L5 имеют добротность 300 и более единиц. При отсутствии нужного тороидального ферритового магнитопровода L5 можно выполнить и без него, но для получения требуемой добротности L5 необходимо составить из четырех последовательно включенных катушек, намотанных на каркасе диаметром 70... 100 мм проводом диаметром 1,5...2 мм (число витков каждой катушки подобрать до достижения резонанса в среднем положении ротора конденсатора C4).

2.1.4. Усилители радиочастоты

Наличие усилителя радиочастоты (УРЧ) не обязательно в любительском КВ приемнике. При большом уровне сигналов, принимаемых от антенны, он может оказаться даже вредным, так как усиленные сигналы перегрузят 1-й смеситель и УРЧ в этом случае снизит реальную избирательность приемника. Однако в плохих условиях приема, особенно на диапазонах 10 и 15 м, УРЧ необходим, как и в случае использования простейших и малораз-

Таблица 2.2

Диапазон, м	10	15	20	30	40	80	160
Число витков конденсатора L1, L2	4	5	7	10	12	20	50
Емкость конденсатора C3, C7, пФ	100	150	220	330	510	1000	2000
Максимальная емкость секций C4.1 C4.2, пФ	10	7	5	2	10	100	200

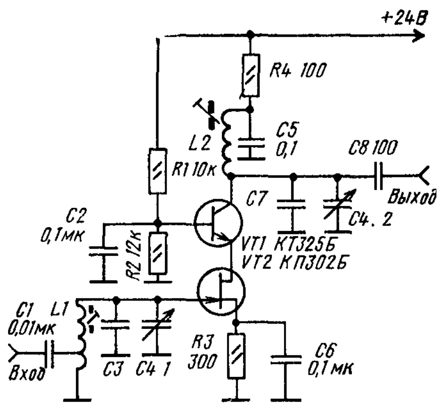


Рис. 2.5. Схема усилителя радиочастоты

мерных антенн на длиноволновых диапазонах. Удобно, если имеется возможность отключать УРЧ приемника, например, с помощью высокочастотных реле (РПВ-2 и т. п.).

Принципиальная схема малошумящего УРЧ, собранного по каскодной схеме на полевом и биполярном транзисторах, приведена на рис. 2.5. Резонансный контур L1—C3C4.1 образует входную цепь приемника, рассчитанную на работу с антенной, согласованной с коаксиальным кабелем. Этот контур можно заменить на часть схемы рис. 2.4, из которой в этом случае исключаются элементы VT1, R4, R6, C10 и затвор VT12 (рис. 2.5) подключается к соединению C8 и R5 (рис. 2.4). Катушки L1 и L2 (рис. 2.5) намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 9 мм с подстроечниками СЦР-1, намотка — виток к витку (провод ПЭШО 0,44), катушка L1 имеет отвод от 1/3 обмотки, считая от соединенного с общим проводом конца. Остальные данные резонансных контуров схемы рис. 2.5 для различных диапазонов приведены в табл. 2.2.

При указанных в табл. 2.2 емкостях и индуктивностях контуров УРЧ усиление от антенного входа до выхода УРЧ на всех диапазонах будет около 50. Уменьшение емкостей контуров по сравнению со значениями, приведенными в таблице, увеличит усиление УРЧ, что может привести к самовозбуждению. Уменьшать емкости контуров нецелесообразно также из-за невозможности при этом реализовать большую чувствительность приемника: настроенный в резонанс контур на входе УРЧ является источником тепловых шумов, величина которых растет с увеличением эквивалентного сопротивления контура, т. е с уменьшением его емкости. При указанных в табл. 2.2 значениях эквивалентное сопротивление контура на входе УРЧ около 5 кОм и соответственно действующее напряжение шумов в точке подключения затвора VT2 около 0,5 мкВ (при полосе пропускания приемника 3 кГц). Возрастание шума на выходе приемника при настройке входного контура с помощью C4.1 при отключенной антенне свидетельствует о нормальной работе УРЧ.

2.1.5. Смесители

Большинство схем смесителей выполнено с фильтрами, выделяющими полезную составляющую (ЗЧ, ПЧ1 или ПЧ2) сигнала.

На рис. 2.6 приведена схема смесителя на встречно-параллельных диодах, предложенная автором многих популярных конструкций приемников прямого преобразования В. Т. Поляковым. Целесообразность применения этой схемы в приемниках прямого преобразования (рис. 2.1) определяется прежде всего хорошим подавлением излучения через антенну на частоте принимаемого сигнала — здесь от гетеродина должно поступать напряжение с частотой, равной половине частоты принимаемого сигнала. Контур L1C2C3 имеет на этой частоте очень низкое сопротивление и существенно ослабляет сигнал гетеродина на сигнальном входе рассматриваемой схемы. В качестве контура L1C2C3 в приемнике без УРЧ можно использовать входной контур от УРЧ рис. 2.5 (табл. 2.2). Для повышения чувствительности приемника перед смесителем (рис. 2.6) можно использовать УРЧ (рис. 2.5). При этом для связи смесителя с выходным контуром УРЧ надо на катушках L2 (рис. 2.5) намотать проводом ПЭШО 0,24 катушки связи с числом витков, равным числу витков L2, указанному в табл. 2.2. Витки катушки связи распределяются по всей длине L2. Катушка связи включается вместо L1 (рис. 2.6), при этом конденсаторы C2 и C3 из этой схемы исключаются. Катушка L2 — дроссель высокой частоты, в качестве которого удобно использовать стандартный дроссель на карбонильном Д-0,1 — 470 мкГн или ферритовом цилиндрическом

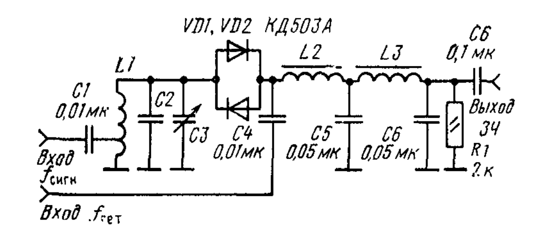


Рис. 2.6. Схема смесителя на встречно-параллельных диодах

магнитопроводе ДМ-0,1 — 500 мкГн. Элементы C5, L3, C6 образуют фильтр с полосой пропускания 3 кГц. Катушка L3 наматывается на тороидальном ферритовом магнитопроводе 16 × 8 × 4 мм марки 2000НМ (провод ПЭШО 0,15, 260 витков).

Смеситель на встречно-параллельных диодах при оптимальном напряжении гетеродина (1...1,5 В для указанных на рис. 2.6 диодах смесителя) имеет коэффициент передачи по напряжению около 0,3. Так как устройство (рис. 2.6) имеет коэффициент передачи входного контура около 3, общее усиление от сигнального входа до выхода ЗЧ равно примерно 1. При использовании перед смесителем (рис. 2.6) УРЧ (рис. 2.5) усиление от антенного входа до выхода ЗЧ будет около 15.

На рис. 2.7 приведена схема смесителя, которая рекомендуется для использования в супергетеродинном приемнике с одним преобразованием частоты, не имеющем УРЧ. Между антенной и сигнальным входом этого смесителя можно включить входную цепь, выполненную по схеме рис. 2.4. В этом случае удается получить чувствительность приемника от 0,5 мкВ на диапазоне 10 м до 10 мкВ на диапазоне 160 м при реальной избирательности, ограничиваемой линейностью смесителя по входному сигналу, около 100 дБ. Высокие характеристики описываемого смесителя достигнуты благодаря использованию в нем малошумящих мощных СВЧ полевых транзисторов, включенных по балансной схеме, обеспечивающей повышение линейности и подавление шумов гетеродина. Нагрузкой смесителя является высококачественный монолитный кварцевый фильтр, выпускаемый отечественной промышленностью для радиолюбителей. Этот фильтр входит в состав набора «Кварц-35». Кроме фильтра ФПЧЗПЧ-410 на рабочую частоту, близкую к частоте 8815 кГц (конкретное значение указывается в паспорте), в набор входят еще два кварцевых резонатора на рабочую частоту фильтра, которые нужны для 2-го гетеродина приемника, и генератора сигналов CW при использовании фильтра в передатчике или трансивере (2-й резонатор).

Дроссель L1 — высокочастотный типа Д-0,1 — 200 мкГн (можно применить дроссель с индуктивностью от 100 до 500 мкГн). Напряжение гетеродина для рассматриваемого смесителя — около 3 В.

Коэффициент передачи смесителя (рис. 2.7) от сигнального входа до выхода фильтра, нагруженного на согласованную нагрузку (емкость конденсатора, параллельного резистору R9, должна быть не более 10 пФ), равен примерно 3.

Схема смесителя, который можно рекомендовать для использования в качестве 1-го смесителя супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты, приведена на рис. 2.8. В качестве активного элемента в этой схеме использован один полевой транзистор. С таким смесителем может быть реализована реальная избирательность приемника около 80 дБ. Смеситель имеет высокое входное сопротивление по сигнальному входу, и при его применении без УРЧ с входной цепью (рис. 2.4) истоковый повторитель в последней не нужен. При работе без УРЧ этот смеситель позволяет получить чувствительность приемника до 1 мкВ, а при использовании УРЧ (рис. 2.5) — до 0,2 мкВ. Напряжение гетеродина, подаваемое на исток VT1, должно быть в пределах 2...3 В.

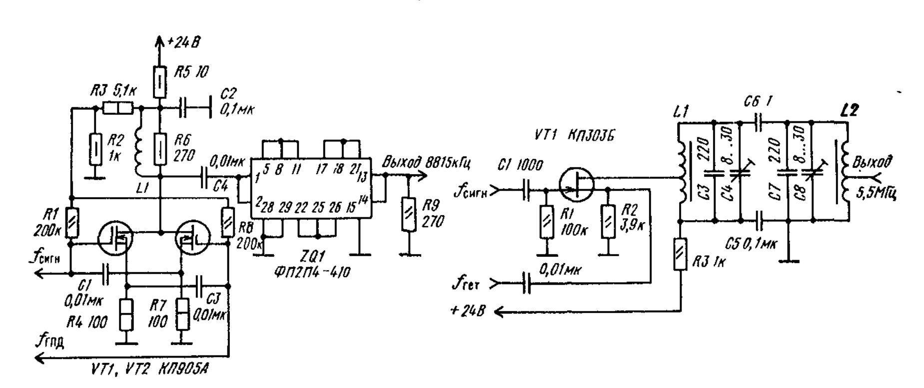


Рис. 2.7. Схема балансного смесителя на мощных полевых транзисторах с кварцевым фильтром на выходе

Рис. 2.8. Схема смесителя на полевом транзисторе с p-n-переходом и LC фильтром ПЧ на выходе

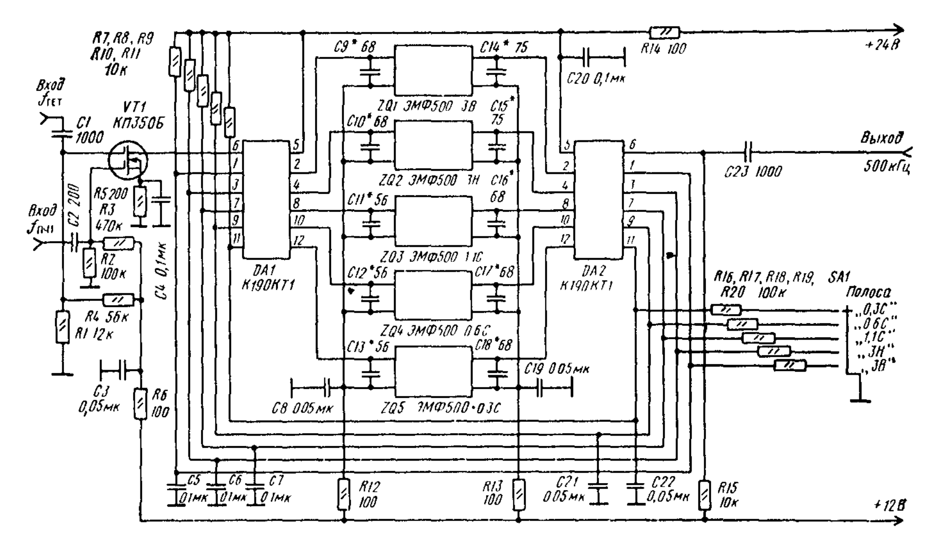


Рис. 2.9. Схема смесителя на полевом транзисторе с изолированными затворами и электронной коммутацией электромеханических фильтров на выходе

Нагрузкой смесителя (рис. 2.8) является узкополосный двухконтурный LC фильтр, настроенный на частоту 5,5 МГц. При приведенных ниже данных катушек фильтра ПЧ1 его полоса пропускания около 20 кГц, коэффициент передачи смесителя от сигнального входа до выхода фильтра ПЧ1 около 3.

Катушки фильтра ПЧ1 намотаны на тороидальных ферритовых магнитопроводах марки М20ВЧ. Перед намоткой магнитопровод 2 раза покрывают слоем клея БФ-6, так как острые его края могут повредить изоляцию провода обмотки. Намотка выполняется проводом ПЭВ-2 0,59, витки располагаются равномерно в секторе 300°; число витков 4 + 8, считая от «холодных» концов катушек (у L1 это конец, соединенный с C5, у L2 — соединенный с корпусом).

Для 2-го смесителя супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты может быть рекомендована схема рис. 2.9. Смеситель в этой схеме выполнен на двухзатворном полевом транзисторе. Напряжение сигнала подается на 1-й затвор, а напряжение гетеродина 2...3 В — на 2-й затвор. При этом общий коэффициент передачи от сигнального входа до выхода переключаемых фильтров — около 3. Можно поменять функции затворов. — Тогда на 1-й затвор VT1 надо подать напряжение гетеродина 0,7...1 В, общий коэффициент передачи схемы уменьшится до 1, но линейность смесителя несколько возрастет, и он будет хорошо сочетаться с 1-м смесителем и фильтром ПЧ1, выполненными по схеме рис. 2.8.

В рассматриваемой схеме применена коммутация электромеханических фильтров ПЧ2 с помощью электронных коммутаторов на ключах с изолированными затворами. Эта схема

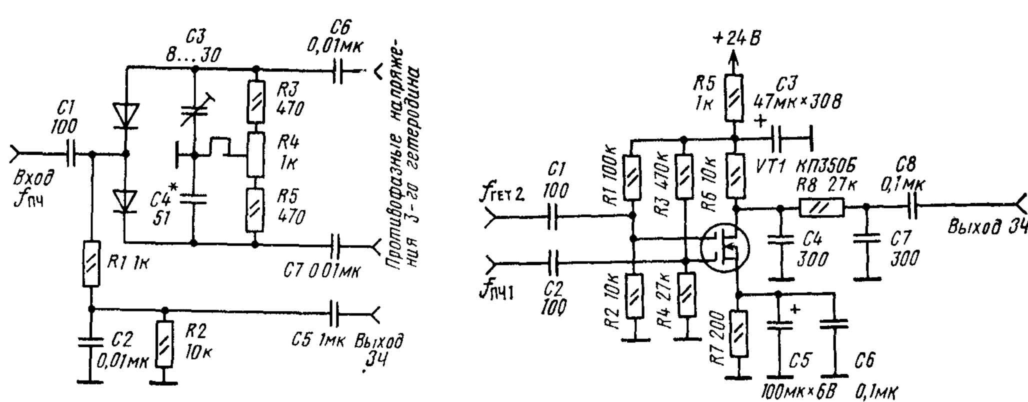


Рис. 2.10. Схема диодного смесительного детектора

Рис. 2.11. Схема смесительного детектора на полевом транзисторе

очень удобна, так как управляющая переключением фильтров плата переключателя SA1 может быть удалена на любое расстояние от самих коммутируемых фильтров. Дополнительного затухания электронные ключи не вносят (сопротивление открытого канала ключа единицы сотен ом, а сопротивление фильтров 10 кОм), развязка между отключенным и включенным фильтрами — более 80 дБ.

В качестве схемы последнего смесителя приемника дана схема рис. 2.10, на которой изображен балансный диодный 3-й смеситель супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты (смесительный детектор). Эта схема может быть использована и в приемнике с одним преобразованием частоты, однако из-за недостатка усиления по ПЧ1 такого приемника низкий коэффициент передачи устройства, выполненного по схеме рис. 2.10 (около 0,2), является в этом случае существенным ее недостатком. Балансировка устройства (рис. 2.10) обеспечивает практически полное подавление приема АМ сигналов и производится последовательно с помощью элементов R4 и C3, причем может потребоваться не только уменьшить емкость конденсатора C4 до нуля, но и переключить этот конденсатор параллельно C3. Для нормальной работы смесителя (рис. 2.10) при входных сигналах уровнем до 0,3 В надо подать через конденсаторы C6 и C7 два противофазных напряжения гетеродина по 2,5... 3 В (напряжение между двумя входами для подключения гетеродина 5...6 В). Для приемника с одним преобразованием частоты может быть рекомендован 2-й смеситель (смесительный детектор), выполненный по схеме рис. 2.11. Коэффициент передачи этого детектора при напряжении второго гетеродина 1,5...2 В равен примерно 5.

2.1.6. Гетеродины

Основное требование к гетеродинам — стабильность частоты вырабатываемых колебаний. Для КВ приемников любительской радиосвязи это требование существенно выше, чем к гетеродинам радиовещательного КВ приемника (как указывалось выше, радиовещание на КВ ведется с амплитудной модуляцией, а любительские радиостанции в основном работают в режимах CW и SSB). При приеме сигналов с АМ частота выделенного на выходе приемника напряжения ЗЧ определяется разностью частот несущей и боковых составляющих, излучаемых передающей станцией, и не зависит от стабильности частот гетеродинов приемника с амплитудным детектором. Стабильность настройки такого приемника должна только обеспечить нахождение спектра принимаемого сигнала внутри полосы пропускания приемника, и уход частоты настройки на единицы килогерц вполне допустим. При приеме сигналов CW и SSB частота выделенного на выходе приемника напряжения ЗЧ определяется разностью частоты излучаемого передающей станцией сигнала и частот гетеродинов приемного устройства: если принимается сигнал CW на частоте 14 050 кГц и используется приемник с одним преобразованием частоты при значении ПЧ1 9000 кГц, частоты 1-го и 2-го гетеродинов приемника должны быть равны соответственно 5050 и 8999 кГц, так что на выходе приемника образуется сигнал ЗЧ с частотой 14 050— 5050 — 8999 = 1 кГц. Если в процессе приема при стабильной частоте передатчика частота 1-го гетеродина уйдет на 500 Гц и станет равной 5050,5 кГц, то тон сигнала на выходе приемника изменится на эти же 500 Гц и станет равным 14 050 — 5050,5 — 8999 = 500 Гц. Такое изменение тона принимаемого сигнала CW может привести к его потере, а при приеме SSB вызовет изменение всего спектра телефонного сигнала и полной его неразборчивости. Следовательно, стабильность частот гетеродинов любительского приемника должна обеспечить: сохранение их значений за время проведения связи (до десятков минут) с точностью до десятков герц или, в крайнем случае, до единиц сотен герц; сохранение градуировки шкалы частот приемника (допустимым можно считать уход градуировки не более чем на 0,5 деления шкалы отсчета частоты). Последнее требование может быть выполнено с помощью кварцевого калибратора в сочетании с органами коррекции шкалы или при использовании «цифровой шкалы» — цифрового счетчика частоты за эталонный (заданный кварцевым генератором) отрезок времени. Поэтому принципиальные трудности при создании радиолюбительских КВ приемников возникают именно в обеспечении кратковременной стабильности частот гетеродинов. Приняв допустимый абсолютный уход частот гертеродинов приемника за несколько минут равным 50 Гц, получим требование кратковременной стабильности частоты высокочастотного гетеродина приемника при работе на диапазоне 10 м 50 Гц/20 · 10^6Гц = 2,5 · 10^{-6}. Такое значение кратковременной относительной стабильности легко реализуется в генераторах с кварцевой стабилизацией. Поэтому в современных профессиональных КВ приемниках (а они обеспечивают прием нескольких видов сигналов, включая CW и SSB) частоты гетеродинов формируются из частоты высокостабильного кварцевого генератора в синтезаторах частоты, имеющих дискретную установку частоты с шагом до 10 Гц. Радиолюбителям самостоятельно сделать такие устройства сложно из-за очень высокой стоимости их оборудования и практической невозможности в радиолюбительских условиях создать синтезатор частоты, обеспечивающий требующуюся для гетеродинов спектральную чистоту выходного сигнала.

Спектральная чистота— это наличие в спектре сигнала только одной синусоидальной составляющей. Если вблизи этой составляющей имеются, пусть и очень слабые (которые

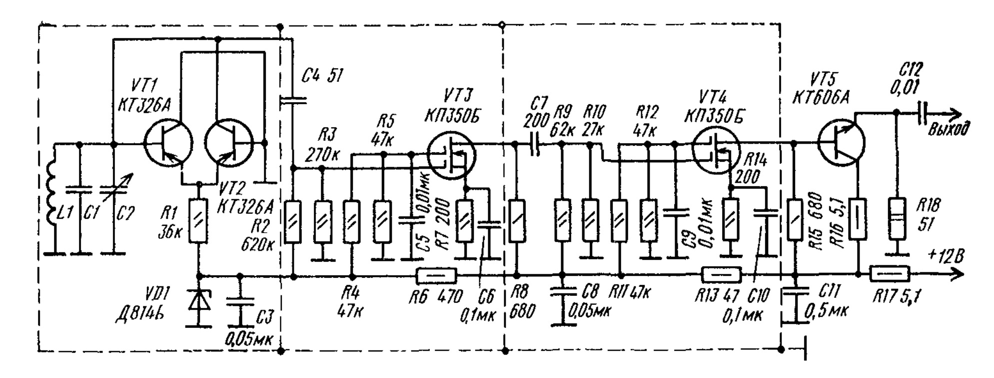


Рис 2.12. Схема перестраиваемого гетеродина для получения частот от 0,9 до 30 МГц

можно обнаружить только специальными анализаторами спектра), составляющие шумов, то они могут существенно снизить чувствительность приемника. Наличие в сигнале гетеродина его гармонических составляющих и остатков сигналов комбинационных частот, возникших при синтезировании частоты, приведет к появлению большого числа пораженных внутренними помехами точек в рабочих диапазонах. Требуемые характеристики гетеродинов можно получать, используя приводимые ниже схемы.

На рис. 2.12 приведена схема перестраиваемого гетеродина, который может быть использован в качестве 1-го гетеродина в приемниках, выполненных по схемам рис. 2.1—2.3. Для получения хорошей стабильности частоты и высокой спектральной чистоты сигиала в первом каскаде этой схемы применен генератор с самовозбуждением, собранный иа двух биполяриых транзисторах VT1, VT2, работающих при малых токах через переходы. Этот геиератор формирует на контуре L1C1C2 высокочастотное напряжение амплитудой около 0,5 В. Форма этого напряжения — правильная синусоида. Малая амплитуда напряжения на задающем частоту колебательном контуре предотвращает саморазогрев его деталей, который обычно является прнчиной значительного ухода частоты после включения приемника с напряжением на контуре гетеродина равным единицам, а иногда и десяткам вольт.

Для исключения влияния режима работы 1-го смесителя на частоту 1-го гетеродина между задающим частоту генератором и выходом гетеродина применены трн буферных каскада — широкополосный усилитель на двух полевых транзисторах с малыми проходными емкостями (VT3, VT4) и мощный эмиттерный повторитель на транзисторе VT5. Общее усиление всех трех буферных каскадов 10, так что действующее значение напряжения на выходе устройства около 3 В. Если такое напряжение не нужно (например, для смесителя, выполненного по схеме рис. 2.6), то один из каскадов усиления (на VT3 или VT4) из схемы рис. 2.12 можно исключить.

Катушка L1 наматывается на каркасе из радиофарфора (с малыми потерями и малым коэффициентом температурного расширеиия). Диаметр каркаса 16 мм. Данные деталей контура задающего частоту генератора для схемы рис. 2.12 приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Диапазон частот, кГц	C1, пФ	$C2_{max}$, пФ	L_1		
			Провод ПЭВ-2, мм	Число витков, мм	Длина намотки, мм
900...1000	1200	250	0,25	80	20
1800...2000	750	150	0,35	50	20
3500...3800	430	75	0,35	35	15
5000...5500	240	50	0,35	35	15
6750...7250	300	50	0,59	20	20
8000...9000	200	50	0,59	20	20
10 000...11 000	240	50	0,59	10	15
12 000...13 000	180	30	0,59	10	15
14 000...15 000	240	30	0,9	6	12
15 000...16 000	220	30	0,9	5	10
19 000...21 000	130	25	0,9	5	10
21 000...22 000	100	10	0,9	5	10
23 000...25 000	82	15	0,9	5	10
28 000...30 000	56	10	0,9	5	10

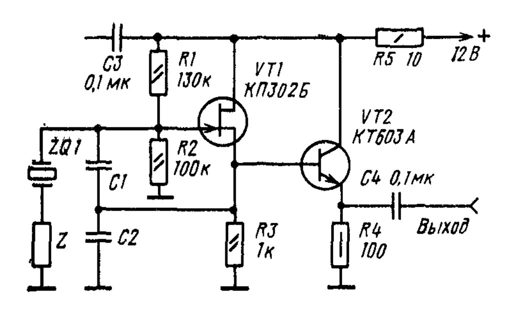


Рис. 2.13. Схема гетеродина со стабилизацией частоты кварцевым резонатором

Стабильность частоты гетеродина (рис. 2.12) определяется стабильностями и температурной компенсацией уходов индуктивности катушки L1 и суммы емкостей конденсаторов C1 и C2.

Желательно подобрать каркасы для L1 с канавкой для укладки провода (сечение канавки должно быть меньше диаметра провода, чтобы его положение четко фиксировалось краями канавки). При отсутствии канавки полезно перед намоткой покрыть каркас слоем клея БФ-2 или БФ-6 и просушить его при нормальной температуре в течение 20...30 мин. После этого произвести намотку катушки с максимально возможным натяжением провода. Для хорошего крепления концов обмотки нужны жесткие фиксаторы из металла, вставленные в отверстия каркаса, к которым припаиваются концы обмотки. Намотанную катушку следует выдержать в термостате (можно просто в духовке газовой или электрической плиты) при температуре 90...120° в течение нескольких часов — до полной полимеризации клея.

Изготовленная таким образом L1 будет иметь (в зависимостн от марки материала каркаса) температурный коэффициент индуктивностн (ТКИ) + (50...150) · 10^{-6}. Соответственно температурный коэффициент емкости (ТКЕ) суммы C1 и C2 должен быть —(50...150) · 10^{-6}. У конденсатора переменной емкости с двумя опорами ротора, зазором между пластинами ие менее 1 мм и изоляцией, на которой установлен статор из радиокерамики (именно таким и должен быть C2), ТКЕ близок к нулю. Поэтому C1 целесообразно составить из двух включенных параллельно конденсаторов марки КМ-5 или КМ-6 (лучше в изолированном — залитом эпоксидной смолой варнанте) групп ТКЕ М-75 и М-150 (т. е. 75 · 10^{-6} и 150 · 10^{-6}). Очень важно выполнить жесткую конструкцию узла с элементами L1, C1, C2. Переключение этих элементов целесообразно выполнить с помощью галетного переключателя с керамическими платами тнпа ПГК (а не миниатюрного галетного переключателя с пластмассовой платой). Корпус гетеродина лучше использовать фрезерованный из целого куска аллюминиевого сплава АМГ, Д16, В95 или сделать нз листов такого материала толщиной не менее 4 мм.

Сам частотозадающий генератор со всеми его элементами необходимо поместить в отсек, не пропускающий электромагнитные волны КВ диапазоиа. Экранировать надо и оба усилительных каскада. Это обеспечит отсутствие влияния на частоту гетеродина наводок от других элементов приемника н остальных приборов радиостанции.

Обязательной операцией при наладке гетеродина (рис. 2.12) является его температурная компенсация. Прн этой операции, искусственно повышая температуру всего узла гетеродниа (например, нагревая его бытовым рефлектором до 70...80 °С), измеряют уход частоты выходного сигнала. Если этот уход положительный — отрицательный ТКЕ конденсатов определяющего частоту контура по абсолютной велнчине больше положительного значения ТКИ L1, а если частота гетеродина при его прогреве уменьшается, то значение отрицательного ТКЕ C1 недостаточно. В первом случае нужно увеличнть емкость входящего в C1 конденсатора группы М-75 и уменьшить емкость конденсатора группы М-150, во втором случае — поступить наоборот. Эту работу нужно тщательно выполнить для каждого диапазона гетеродина. Точной подгонкой ТКЕ C1 можно добиться ухода частоты гетеродина прн повышении его температуры на 50...60° не более чем на 100...200 Гц. В реальной эксплуатации изменения температуры значительно меньше и кратковременная нестабнльность частоты гетеродина будет меньше 50 Гц.

В качестве гетеродина с фиксированной частотой в прнемнике целесообразно использовать стабилизацию частоты кварцевым резонатором. Достаточно универсальная схема такого гетеродина прнведена на рис. 2.13. Емкости C1 и C2 (они равны) для различных частот кварцевого резонатора:

Частота кварцевого резонатора, кГц	*Емкость конденсаторов C1 и C2, пФ*
500	390
1000...2000	200
2000...8000	100
8000...15 000	51

Для точной подгонки частоты гетеродина по схеме рис. 2.13 последовательно с кварцем включается реактивный элемент (для увеличення частоты емкость, для уменьшения — индуктивность). Реально удается таким способом изменить частоту, получаемую при включении кварцевого резонатора с закороченной реактивностью, на ±0,01%. Попытки добиться большего отклонения частоты ведут к срыву генерации.

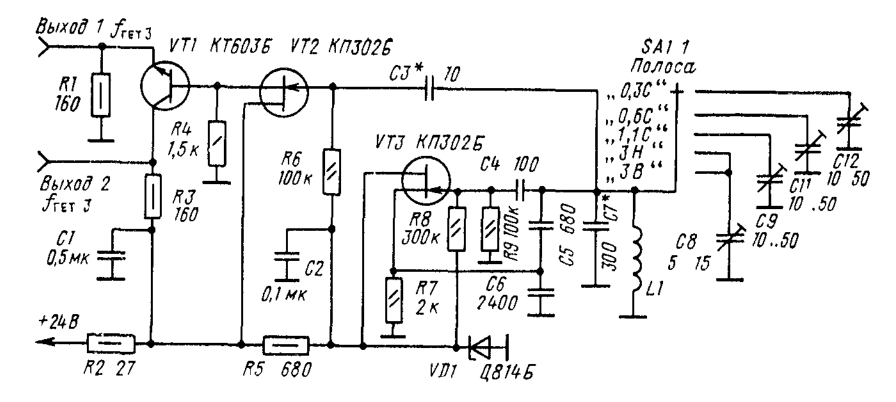


Рис. 2.14. Схема 3-го гетеродина с параметрической стабилизацией частоты

При использовании в качестве фильтра ПЧ2 набора электромеханических фильтров частота 3-го гетеродина должна быть установлена у среза частотной характеристики каждого фильтра. Для набора фильтров, используемого в схеме рис. 2.9, необходимо изменять частоту 3-го гетеродина примерно на 1 кГц, что в устройстве (рис. 2.13) с одним кварцевым резонатором невозможно. Сопряженные с электромеханическими фильтрами ЭМФ-500-1,1-6. ЭФМ-500-0,6-С и ЭМФ-500-0,3-С кварцевые фильтры в наборах с электромеханическими фильтрами отсутствуют. Поэтому для 3-го гетеродина приемника с электромеханическими фильтрами целесообразно использовать схему с параметрической стабилизацией частоты. Удобная для работы со смесительным детектором (рис. 2.10) схема такого гетеродина приведеиа на рис. 2.14. С помощью подстроечных конденсаторов С8—С12 частоту 3-го гетеродина следует устанавливать в зависимости от положения переключателя SA1:

Положение SA1	*Частота, кГц*
0,3 С	499,3
0,6 С	499,1
1,1 С	498,9
3 Н	500
3 В	500

Достоинством 3-го гетеродина, выполненного по схеме рис. 2.14, является возможиость точно подогиать его частоту до получения желаемого тона сигнала на выходе приемиика. Можно заменить SA1 с набором подстроечных конденсаторов на один конденсатор перемеиной емкости 10...50 пФ, ось которого следует вывести на переднюю паиель приемника («тон биений»).

Поскольку такой гетеродин заменяет гетеродин с кварцевой стабилизацией частоты, необходимо обеспечить уход его частоты во всех условиях работы не более чем на ±20 Гц. Это меиее жесткое требование, чем требование к стабильности высокочастотного гетеродина, но такая стабильность необходима на все время работы приемника между моментами проверки и коррекции частоты 3-го гетеродина.

Для обеспечения требуемой стабильности частоты ТКЕ конденсаторов С5 и С6 должен быть не более $\pm 150 \cdot 10^{-6}$, а ТКЕ С7 должен быть подобран для компенсации ТКИ L1 способом, описанным при рассмотрении схемы рис. 2.12. Результатом термокомпенсации гетеродина (рис. 2.14) должен быть уход частоты при нагревании узла гетеродина иа 50...60° не более ±20 Гц.

Катушка L1 наматывается на керамическом каркасе или каркасе из пластмассы с малым температурным коэффициентом расширения (например, АГ-4); диаметр каркаса 12 мм. Намотка производится проводом ЛЭШО 7 × 0,07 способом «универсаль»; ширина секции 5 мм; число витков 50. Каждый слой этой катушки должен быть пропитан клеем БФ-6 и высушен при нормальной температуре в течение 30 мин. Полностью намотанная катушка выдерживается при высокой температуре до полной полимеризации клея, как это было указано при описании изготовления L1 для схемы рис. 2.12.

2.1.7. Усилители промежуточной частоты

На рис. 2.15 приведена схема одного каскада УПЧ для приемника с одним преобразованием частоты, в котором в качестве фильтра основной селекции используется монолитный кварцевый фильтр на частоту 8815 кГц (рис. 2.7). Катушка L1 этого усилителя намотана

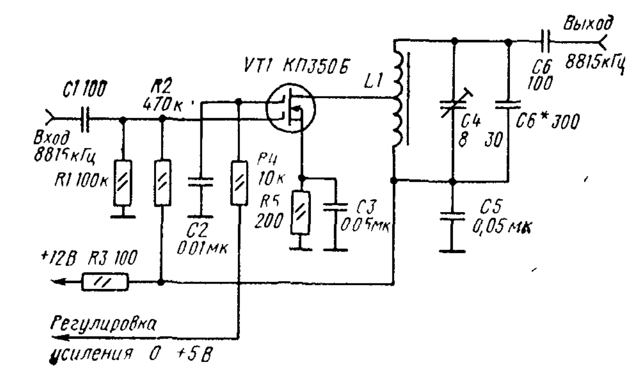


Рис. 2.15. Каскад УПЧ приемника с одним преобразованием частоты

на тороидальном ферритовом магнитопроводе марки М20ВЧ 12×6×4 мм. Намотка выполнена проводом ПЭВ-2 0,59 по изоляции из фторопластовой ленты; число витков 3 + 7 (считая от конца, соединенного с С5).

Регулировка усилеиия производится изменением иапряжения на втором затворе VT1, и ее глубина достигает 40 дБ. Общее усилеиие каскада при максимальном напряжеиии регулировки усиления — около 20. Устройство, выполиенное по схеме рис. 2.7, вместе с входной цепью, имеющей коэффициент передачи по напряжеиию около 3, и без УРЧ обеспечит усиление сигнала от входа приемника до входа УПЧ, равное 10. Требуемое в приемнике общее усиление 10^6, на долю УПЧ и УЗЧ приходится усиление 100 000. Три каскада, выполненные по схеме рис. 2.15, дадут усиление 8000, т. е. на долю УЗЧ с детектором остается только усиление в 12,5 раза по напряжению. Но использовать такой УПЧ без усовершенствования его схемы нельзя: полоса пропускания УПЧ около 100 кГц и шумы первого каскада ПЧ в этой полосе, усилившись в 8000 раз, дадут недопустимо большой (доли вольта) уровень шумов на входе смесительного детектора. Поэтому при большом общем усилении по ПЧ1 необходимо ограничить полосу шумов, поступающих на вход детектора, еще одним кварцевым фильтром. Если введение дополнительного кварцевого фильтра нежелательно, то общее число каскадов в УПЧ должио быть не больше двух, при этом требуемое усиление детектора и УЗЧ достигнет 500.

На рис. 2.16 приведена схема усилителя 2-й промежуточной частоты (УПЧ2) с системой АРУ и измерителем уровня принимаемых сигналов (S-метром). Этот усилитель предиазначен для приемника с УРЧ (рис. 2.5), первым (рис. 2.8) и вторым смесителями и электромеханическими фильтрами (рис. 2.9).

В УПЧ входят два каскада усилеиия на двухзатворных полевых транзисторах. В целях улучшения подавления сигналов помех за полосой пропускания электромехаиических фильтров первый каскад УПЧ нагружен на фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), выполненный на высокодобротных LC-контурах. Общее ослабление сигналов в фильтрах ПЧ1 при использовании схем рис. 2 9 и 2.16 при расстройке от 500 кГц на ±10 кГц больше 120 дБ. Нагрузкой второго каскада УПЧ являются два амплнтудных детектора: детектор на VD1 обеспечивает работу системы АРУ, а детектор на VD2 — прием сигналов с амплитудной модуляцией (в схеме рис. 2.9 нет специального фильтра для приема АМ сигналов, но удовлетворительные результаты получаются и с фильтрами, имеющими полосу пропускания 3 кГц, — при этом на вход детектора поступают несущая частота и одна боковая полоса АМ сигнала).

Катушки индуктивности ФСС намотаны в ферритовых магнитопроводах типа Б14 из материала с $\mu = 1500$. В центральном цилиндре одной из половин магнитопровода стачивают феррит на толщину около 1 мм, так что образуется внутри магнитопровода воздушный

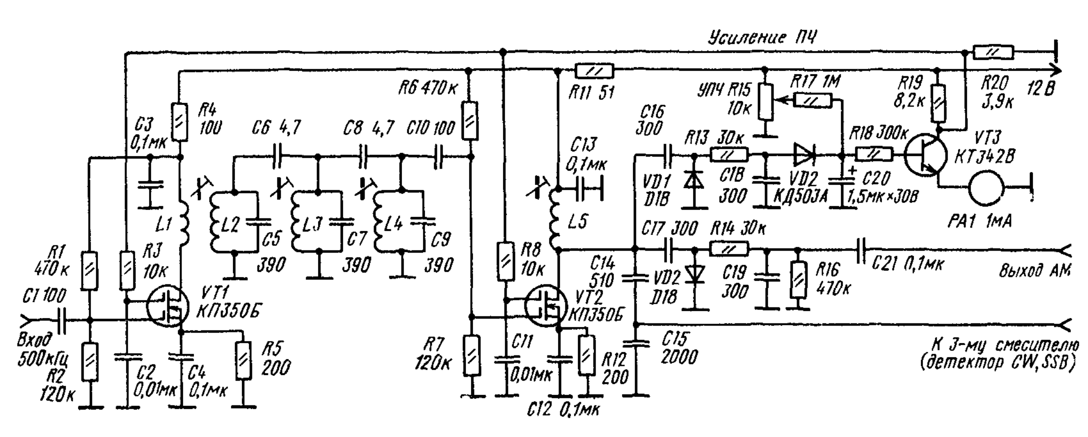


Рис. 2.16 Схема усилителя ПЧ2 с системой АРУ и S-метром

зазор. Наличие зазора увеличивает стабильность катушек и позволяет осуществлять регулировку на индуктивности. Для этого в арматуру, к которой крепится магнитопровод, ввинчиваются иа пластмассовых направлениях подстроечиики типа ПС 2,2×8 мм из материала также с $\mu=1500$. Катушки L2—L4 содержат по 32 витка (провод ЛЭШО 21×0,07). Катушка L1 намотана вместе с L2 и содержит восемь витков (провод ПЭШО 0,24).

Добротность правильно изготовленных катушек ФСС — не менее 250.

Катушка L5 намотана в магнитопроводе СБ-12а и содержит 120 витков (провод ПЭВ-20,16). Система АРУ имеет измеряемое десятками миллисекунд время заряда конденсатора С20 и время его разряда, близкое к 1 с. Поэтому при появлении сильного сигнала на входе приемника происходит снижеиие усиления УПЧ без «щелчка» на выходе приемника, который появился бы при замедленном срабатывании АРУ из-за перегрузки приемника до снижения усиления УПЧ. Эффективную работу АРУ обеспечивает усилнтель постоянного тока на биполярном транзисторе с высоким усилением по току VT3. Ток через VT3 служит для измерения силы принимаемых сигналов. Большая постоянная времени разряда С20 обеспечивает медленное снижение показаний S-метра после его отклонения до пикового значения и, следовательно, удобство отсчета величнны S при работе по сигналам CW и SSB. Общее усиление УПЧ2 от его входа до выхода на смесительный детектор сигналов CW и SSB около 1000. При изготовлении приемника по схемам рис. 2.5, 2.8, 2.9 и 2.16 усиление от антенного входа до выхода на смесительный детектор при сигналах, не вызывающих срабатывание АРУ, около 400 000. Это обеспечивает начало работы системы АРУ от S3 (0,8 мкВ на входе приемника). Большое усиление сигнала АРУ каскадом на VT3 обеспечивает эффективное снижение усиления приемника прн возрастании сигналов на его входе до S9 +40 дБ (для обеспечения работы S-метра до S9+60 дБ необходимо предусмотреть управление усилением и в УРЧ, для чего каскад с заземленным истоком (рис. 2.5) надо выполнить иа двухзатворном полевом транзисторе).

В качестве смесительного детектора к приемнику с УПЧ2 по схеме рис. 2.16 целесообразно использовать диодный смесительный детектор (рис. 2.10). Малый коэффициент передачи детектора в этом случае не является недостатком, так как обеспечено достаточно большое усиление в УРЧ и УПЧ2.

2.1.8. Усилители звуковой частоты

Усилители звуковой частоты любительского КВ приемника должны иметь различные характеристики в зависимости от того, для какого типа приемника они предназначены.

УЗЧ для приемника прямого преобразования должен обеспечить основное усиление сигналов при их приеме и избирательность приемника по соседнему каналу. Усиление такого УЗЧ достигает сотен тысяч, а полоса пропускания при приеме сигналов SSB 2,5...3 кГц, при приеме сигналов CW 0,5...1 кГц.

УЗЧ для приемника с одним преобразованием частоты и ограниченным усилением на ПЧ должен довести общее усиление приемника до значения 10^6 и ограничить полосу пропускания на выходе смесительного детектора для предотвращения перегрузки УЗЧ широкополосными шумами ПЧ и дополнительного сужения полосы пропускания при приеме CW. Усиление такого УЗЧ должно быть порядка сотен.

Усиление УЗЧ для приемника с двумя преобразованиями частоты должно быть порядка десятков, особые требования по ограничению полосы пропускания к такому УЗЧ не предъявляются.

Для использования в приемнике прямого преобразования может быть рекомендоваиа схема рис. 2.17, имеющая общий коэффициент усиления около 200 000. На входе этого УЗЧ используется предложенная В. Т. Поляковым схема усилителя с ограничением полосы про-

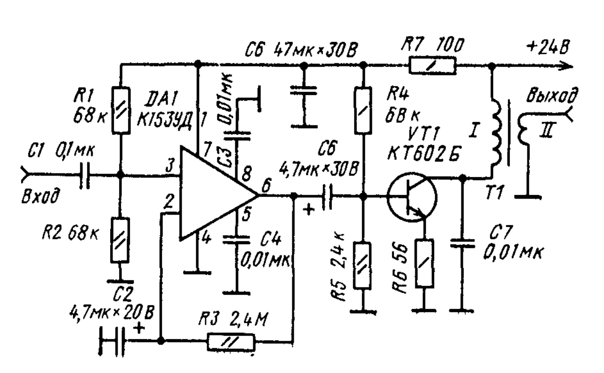


Рис. 2.17. Схема УЗЧ для приемиика прямого преобразования

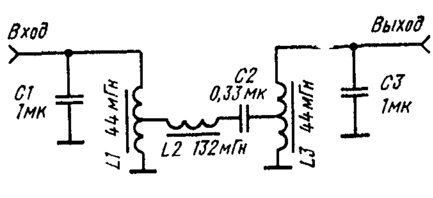


Рис. 2.18. Схема узкополосного телеграфного фильтра НЧ

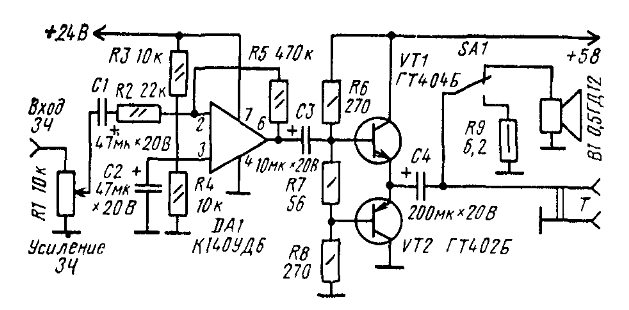


Рис. 2.19. Схема УЗЧ для приемника с двойным преобразованием частоты

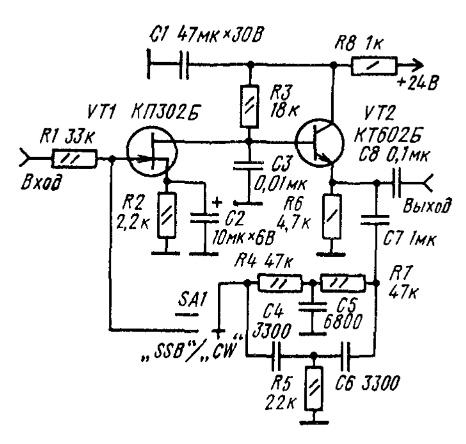


Рис. 2.20. Схема предварительного УЗЧ с изменением полосы пропускания

пускания от 300 до 2800 Гц на операционном усилителе DA1 с ограничением частотной характеристики в области низких частот за счет цепи обратной связи R3C2, а в области высоких частот — конденсаторами C3 и C4. В сочетании со смесителем, выполненным по схеме рис. 2.6, содержащим LC фильтр звуковых частот, такой усилитель имеет удовлетворительную общую избирательность при приеме сигналов SSB.

Для приема сигналов CW между смесителем (рис. 2.6) и УЗЧ (рис. 2.17) целесообразно включить описанный В. Т. Поляковым узкополосный фильтр, сделанный по схеме рис. 2.18. Этот фильтр пропускает частоты от 600 до 1000 Гц. Отводы от индуктивностей L1 и L3 сделаны от середины их обмоток. Выходной трансформатор УЗЧ (рис. 2.17) рассчитан на работу с динамическим громкоговорителем мощностью до 0,25 Вт и сопротивлением катушки 5... 10 Ом. Он намотан на Ш-образном магнитопроводе из обычной трансформаторной стали. Тип пластин магнитопровода Ш10, набор 8 мм. При сборке трансформатора обеспечивается зазор в магнитопроводе толщиной около 0,1 мм (прокладка из обычной писчей бумаги). Обмотка I содержит 1500 витков (провод ПЭВ-2 0,1), обмотка II — 150 витков (провод ПЭВ-2 0,31). Самодельный выходной трансформатор может быть заменен стандартным трансформатором типа ТН на напряжение первичной цепи 115 В с частотой 400 Гц. Сетевая обмотка служит в качестве обмотки I, а обмотка II образуется включенными последовательно двумя обмотками на напряжение 6,3 В. Габаритная мощность такого трансформатора достаточна даже у самого маленького из серии ТН-ТН1 (можно применить и ТН2, ТН3 и т. д.).

Схема УЗЧ с общим коэффициентом усиления около 15 и рассчитанного на работу с динамическим громкоговорителем мощностью до 0,5 Вт приведена на рис. 2.19. Этот УЗЧ можно применить в приемнике с двойным преобразованием частоты и диодным смесительным детектором. Питание выходного каскада УЗЧ осуществляется от мощного источника напряжения +5 В (который обычно используется для питания цифровых устройств, в частности цифровой шкалы приемника). При этом достигающие долей ампера броски тока в УЗЧ не влияют на работу остальных каскадов приемника.

Для использования в приемнике с одним преобразованием частоты между УЗЧ (рис. 2.19) с выходом смесительного детектора (рис. 2.11) целесообразно включить предварительный УЗЧ с изменяемой формой частотной характеристики. Схема такого УЗЧ приведена на рис. 2.20. При установке переключателя SA1 в положение CW включается частотно-зависимая цепь обратной связи, обеспечивающая снижение усиления вне полосы частот от 800 до 1200 Гц. Усиление устройства, собранного по схеме рис. 2.20, около 20.

2.2. ПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

2.2.1. Требования к передающим устройствам

Передающие устройства характеризуются следующими параметрами: диапазоном частот, видом модуляции сигнала на выходе, мощностью выходного сигнала, стабильностью частоты, уровнем побочных излучений.

Передающие радиостанции советских радиолюбителей при работе на КВ могут использовать следующие виды связи.

Телеграфия незатухающими колебаниями с использованием кода Морзе — CW. Поскольку должна быть обеспечена возможность приема сигналов CW «на слух», скорость передачи обычно лежит в пределах 40...150 зн/мин.

Телефония с АМ при ширине спектра сигнала 6 кГц. Ввиду низкой эффективности этого вида работы телефоном он используется крайне редко, в основном начинающими радиолюбителями на диапазоне 160 м.

Телефония с излучением одной боковой полосы — SSB. Принято излучать нижнюю боковую полосу при работе на диапазонах 160, 80 и 40 м и верхнюю боковую полосу при работе на диапазонах 20, 15 и 10 м. «Обратная» боковая полоса иногда применяется радиолюбителями, желающими ограничить число корреспондентов, которые могут вступить с ними в радиосвязь.

Телеграфия с частотной манипуляцией и использованием кода Бодо — радиолюбительский телетайп RTTY. Так как в настоящее время широко используются советскими радиолюбителями CW и SSB, ниже рассматриваются передающие устройства, рассчитанные на эти виды связи. Амплитудная модуляция будет предусмотрена только в одной схеме — усилителя мощности радиостанций четвертой категории.

В зависимости от категории и используемого диапазона мощность передающего устройства любительской радиостанции ограничена значениями 10, 50 и 200 Вт. При этом регламентируется выходная мощность передатчика, т. е. мощность, выделяемая на эквиваленте антенны, подключенной к передатчику. В режиме CW выходная мощность измеряется при нажатии на ключ. В режиме SSB мгновенное значение мощности при передаче речи меняется от нуля до максимального значения по случайному закону. Поэтому принято измерять выходную мощность передатчика в режиме SSB при подаче на микрофонный вход суммы двух синусоидальных сигналов в диапазоне частот 300...3000 Гц. Измеренная при этом средняя мощность в эквиваленте антенны равна половине ее пикового значения.

Для предотвращения нарушений правил эксплуатации любительских радиостанций не разрешается использовать в выходных каскадах любительских передающих устройств электровакуумные и полупроводниковые приборы, позволяющие получить мощность, значительно превышающую разрешенную: лампа или транзистор могут генерировать мощность высокой частоты, равную $P_{ген} = 0{,}2E_{пит}\,I_{max}$, где $E_{пит}$ — напряжение источника питания, I_{max} — амплитуда тока, проходящего через прибор.

Учитывая потери в устройстве связи передатчика с антенной и недопустимость работы ламп и транзисторов в предельных режимах по току и напряжению для передатчиков, работающих только в режиме CW, допускается применять в выходных каскадах электровакуумные и полупроводниковые приборы, у которых разрешенную радиостанции мощность не превышает величина

$$P_{возм} = 0{,}1E_{пит\,доп}\,I_{max\,доп},$$

где $E_{пит\,доп}$ — максимально допустимое напряжение питания прибора, $I_{max\,доп}$ — максимально допустимая величина импульса тока через прибор. Значения $E_{пит\,доп}$, $I_{max\,доп}$ определяются по техническим условиям на примененную лампу или транзистор.

Так как среднее значение мощности передатчика, работающего в режиме SSB, равно половине его пиковой мощности, а $E_{пит\,доп}$ и $I_{max\,доп}$ нельзя превышать и на пиках сигнала, для радиостанций, имеющих режим SSB, применение электровакуумных и полупроводниковых приборов в выходном каскаде передающего устройства определяется величиной

$$P_{возм} = 0{,}05E_{пит\,доп}\,I_{max\,доп}.$$

Рекомендуемые для использования в выходных каскадах любительских КВ передатчиков электровакуумные и полупроводниковые приборы приведены ниже при рассмотрении практических схем усилителей мощности.

2.2.2. Структурная схема передающего устройства

В самом начале развития КВ радиосвязи совершенным считался однокаскадный передатчик — генератор с самовозбуждением, непосредственно связанный с антенной. Частота такого передатчика или стабилизировалась кварцевым резонатором и не могла изменяться плавно, или при отсутствии необходимого кварца изменялась вместе с параметрами антенны (в большинстве случаев раскачиваемый ветром провод). В настоящее время такие простейшие передатчики не используются.

Структурная схема передающего устройства любительской радиостанции приведена на рис. 2.21. Передатчик состоит из двух устройств: возбудителя и усилителя мощности.

Задача *возбудителя* — сформировать сигнал на нужной частоте. Под формированием сигнала подразумевается получение сигнала управляемого полезной информацией (нажатием ключа сигналом от микрофона) необходимым способом. Рассмотрим ниже возбудители любительских передатчиков, формирующих сигналы CW и SSB.

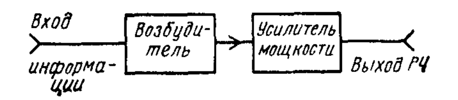


Рис. 2.21. Структурная схема передающего устройства

Задача *усилителя* мощиости — усилить сформированный возбудителем сигнал до необходимого (разрешенного радиостанции) уровня. Обычно возбудитель и усилитель мощности являются отдельными устройствами ие только по структурной схеме передатчика, но и конструктивно выполнены в отдельных корпусах. Прн этом выделяющий много тепла, а иногда и вибрирующий под воздействием имеющегося в нем веитилятора или гудящего сетевого трансформатора усилитель мощности не ухудшает стабильности и чистоты сигнала, формируемого в возбудителе.

2.2.3. Возбудитель для работы CW

Структурная схема возбудителя любительского КВ передатчика, обеспечивающего формирование сигнала CW для работы на диапазонах 160, 80, 40, 20, 15 и 10 м, приведена иа рис. 2.22. Задающий частоту генератор этого возбудителя перестраивается в диапазоне частот 1750...1930 кГц. Такое устройство принято называть ГПД — генератор плавного диапазона. Если умножнть частоту ГПД в 2 раза, получим частоты, перекрывающие 80-метровый любительскнй диапазон («с запасом» в верхней части диапазона). Последовательно удваивая частоты 80-метрового диапазона, получаем частоты 40-, 20- и, наконец, 10-метрового диапазонов. Для получения частот 15-метрового диапазона иеобходимо утроить частоты 40-метрового. Такое построение возбудителя вызвано кратностью частот любительских КВ диапазоиов. Недавно выделенный для работы любительских радиостанций (с октября 1986 г. и для советских радиолюбителей, имеющих радиостанции 1-й категории) 30-метровый диапазон не кратен в целое число раз частотам других любительских диапазонов, и рассматриваемый возбудитель работу на этом диапазоне не обеспечивает.

Управление сигналом CW от телеграфного ключа в устройстве, выполненном по схеме рис. 2.22, осуществляется непосредственно в ГПД, что обеспечивает полное молчание передающего устройства в паузах между телеграфными посылками. На рис. 2.23 приведена принципиальная схема ГПД для возбудителя, представленного на рис. 2.22.

Этот ГПД — двухкаскадный, 1-й каскад — генератор по трехточечной схеме на биполярном высокочастотном p-n-p транзисторе VT1. Применение такого транзистора позволило при положнтельной полярности напряжеиия питаиия включить ключ, разрывающий ие связанную непосредственно с находящимися под высокочастотным напряжением элемеитами устройства цепь питания коллектора VT1, одним концом на общий провод, что удобно и общепринято в любительских и профессиональных передатчиках. Транзистор VT1 подключен к емкостному делителю, каждый из конденсаторов которого имеет емкость 100 пФ, так что изменение емкостей переходов VT1 при телеграфной маиипуляции практически не приводит к уходу частоты ГПД, который расширил бы спектр телеграфного сигнала и дал бы ему неприятную для приема окраску «чирикающего» тона.

Перестройка ГПД в указанном выше диапазоне частот от 1750 (обеспечивает работу на нижиих границах диапазонов 80, 40, 15 и 10 м) до 1930 кГц — верхней границы, по которой разрешена советским радиолюбителям работа на диапазоне 160 м, осуществляется коиденсатором переменной емкости C3. Установка границ диапазона перестройки ГПД осуществляется подстроечным конденсатором C2 и при необходимости изменением числа витков L1.

Катушка L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 30 мм и содержит 65 витков при длине намотки 30 мм (провод ПЭВ-2 0,41). Катушка изготавливается способом, описанным для катушки L1 устройства по схеме рис. 2.12.

Термокомпенсация ГПД осуществляется подбором ТКЕ конденсатора C2. При проверке стабильности частоты ГПД следует учитывать, что уход частоты ГПД на 10 Гц вызовет уход частоты на выходе возбудителя (рис. 2.22) при работе на диапазоне 10 м иа 160 Гц.

Для исключения влияния на частоту ГПД следующих за ним каскадов возбудителя примеиеи истоковый повторитель, собраииый на траизисторе VT2.

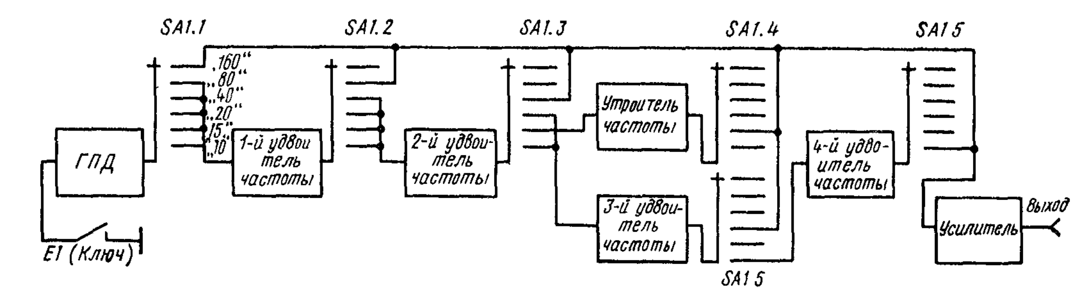


Рис. 2.22. Структуриая схема возбудителя телеграфного передатчнка

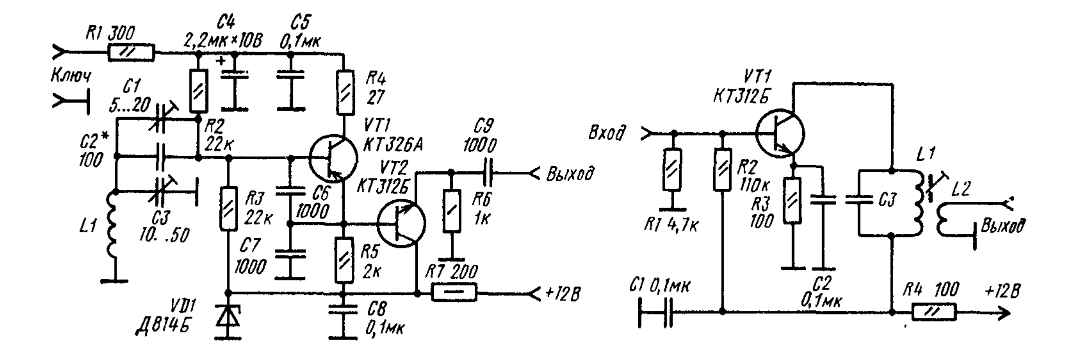


Рис. 2.23. Схема ГПД передатчика с умножением частоты

Рнс. 2.24. Схема умножителя частоты

Описанный ГПД имеет на выходе сииусоидальиое иапряжение ВЧ около 0,5 В (действующее значение).

Умножители (удвоители и утроитель) частоты описываемого возбудителя могут быть выполнеиы по схеме рис. 2.24. Транзистор VT1 в этой схеме при отсутствии сигнала на его входе тока не проводит (на его базу подано положительное напряжение около 0,5 В, а открывается кремниевый транзистор при напряжении база-эмиттер 0,6 В). При подаче на вход рассматриваемого устройства напряжения возбуждения около 0,5 В через VT1 будут проходить короткие импульсы тока (постоянная составляющая этого тока создаст на R3 закрывающее VT1 напряжение). Коитур L1C3 выделит нужную гармоническую составляющую коллекторного тока. Данные элементов L1, L2 и C3 приведены в табл. 2.4. Катушки L1 и L2 намотаны на каркасах диаметром 9 мм подстроечником СЦР-1. Намотка — виток к витку (провод ПЭШО 0,44). Катушки связи L2 мотаны вплотную к коитурным, без назора, у конца L1, соединенного с R4. Усиление по напряжению у устройств по схеме рис. 2.24 близко к единице.

На рис. 2.25 приведена схема усилителя, который должен быть включен на выходе возбудителя (рис. 2.22) для его работы на нагрузку 75 Ом (входное сопротивление описанных ниже усилителей мощности). Транзистор VT1 в этом устройстве работает усилителем класса В (с отсечкой полупериодов тока частоты усиливаемого сигнала). Нагрузка, находящаяся вне возбудителя, включена параллельио с частью одного из контуров, настроенного на частоту усиливаемого сигиала. Эти коитуры «очищают» сигнал на выходе всего возбудителя, и он имеет форму, близкую к синусоиде.

Даиные катушек L1—L6 могут быть взяты из табл. 2.2 для L1 (рис. 2.5) для диапазонов 10, 15, 20, 40, 80 и 160 м. Катушка L1 (рис. 2.5) включается в усилитель так, что меньшая часть ее витков находится между выводами SA1 и соединением с C1. Усилитель при подаче на его вход напряжения возбуждения 0,5 В выдает на нагрузке 75 Ом около 10 В (мощность

Таблица 2.4

Назначение умножителя частоты	С3, пФ	Число витков L1	Число витков L2
Удвоитель 160/80 м	820	15	5
Удвоитель 80/40 м	470	10	4
Удвоитель 40/20 м	160	7	3
Утроитель 40/15 м	100	6	2
Удвонтель 20/10 м	51	5	2

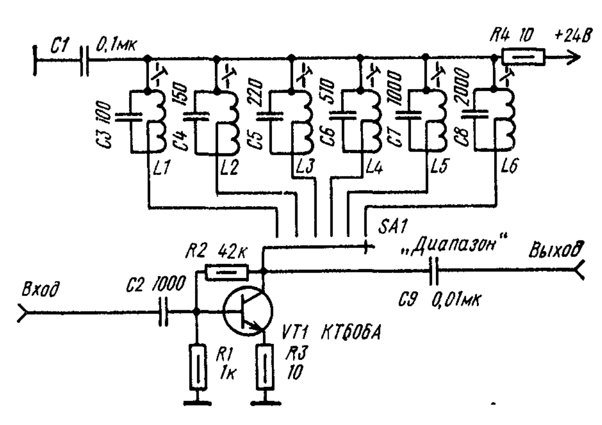


Рис. 2.25. Схема выходного усилителя телеграфного передатчика

в нагрузке немного больше 1 Вт). Возбудитель (рис. 2.22) с описанными выше его каскадами может быть использован как передатчик QRP, но при этом обязательно должен иметь антенну с входным сопротивлением, близким к 75 Ом. Работа на несогласованную нагрузку приведет к выходу из строя VT1 (рис. 2.25) — при меньших, чем 75 Ом, сопротивлениях нагрузки он перегреется, а прн больших пробьется напряжением, выделяемым на коитурах, включенных в цепь его коллектора. Недопустнмо включать возбудитель без нагрузки, так как выходной транзистор при этом обязательно выйдет из строя.

2.2.4. Возбудитель для работы CW и SSB с кварцевым фильтром

Структурная схема возбудителя, в котором SSB сигнал формируется с использованием высокочастотного кварцевого фильтра, приведеиа на рис. 2.26.

Сигнал SSB можно получить несколькими способами. В начале освоения этого вида модуляции (50-е годы) радиолюбители-коротковолновики одинаково широко использовалн два метода формирования сигнала SSB — фазовый и фильтровый. При фазовом методе сигнал SSB формируется сложением нескольких сигналов, имеющих определенные фазовые сдвиги верхних и нижнн боковых полос, возникающих при AM несущей частоты. Все необходимые для реализации этого метода устройства могут быть выполнены из обычных резисторов, конденсаторов и индуктивностей, но в целом устройство получалось довольно сложным, трудным в регулировке и не очень стабильным в процессе эксплуатации. Поэтому с появлением легко доступных раднолюбителям фильтров, обеспечивающих разделение верхней и нижней боковых полос с несущей частотой от долей до единиц мегагерц, фазовый метод формирования SSB практически перестал использоваться радиолюбителями. И в схеме рис. 2 25 применен фильтровый метод формирования SSB. Реализуется он следующнм образом.

Сигнал ЗЧ от микрофона усиливается в УЗЧ и поступает иа балансный модулятор, в котором осуществляется модуляция сигнала от геиератора опорной частоты. От обычного амплитудного модулятора балансный модулятор отличается тем, что на его выходе отсутствует несущая частота AM сигнала, т. е. имеются только верхняя и нижняя боковые полосы этого сигнала. Разнос частот между этими боковыми полосами очень мал — при опорной частоте 8815 кГц и полосе частот сигнала ЗЧ 0,3...3 кГц нижние боковые частоты будут в пределах 8812...8814,7 кГц, а верхние — 8815,3...8818 кГц. Кварцевый фильтр, включеиный на выходе балансного модулятора пропускает частоты от 8815,3 до 8818 кГц и значительно ослабляет (не менее чем на 40 дБ) частоты ннже 8818 кГц и значительно ослабляет (не менее чем на 40 дБ) частоты ниже 8814,7 кГц, так что на его выходе присутствует сигнал только верхней боковой полосы.

Сигнал CW в возбудителе с кварцевыми фильтрами вырабатывается манипулируемым генератором, частота которого лежит в полосе пропускания кварцевого фильтра. Так как его частота фиксирована, сформированные на выходе сигналы SSB и CW переносятся на частоты любительских диапазонов преобразователем частоты, в который входят смеситель, ГПД и фильтр, пропускающий частоты используемого диапазона.

На рис. 2.27—2.31 приведены принципиальные схемы устройств, входящих в описываемый возбудитель.

Схема рис. 2.27 — УЗЧ или микрофонный усилитель, рассчитанный на работу от динамического микрофона со средним значением выходиого напряжения 10 мВ. Микросхема DA1 обеспечивает усиление сигнала от микрофона в 100 раз. Включенный на выходе DA1 эмиттерный повторитель обеспечнвает работу УЗЧ на низкоомный вход балансного модулятора. С учетом коэффициента передачи эмиттерного повторителя среднее значение напряжения ЗЧ на выходе УЗЧ около 0,8 В.

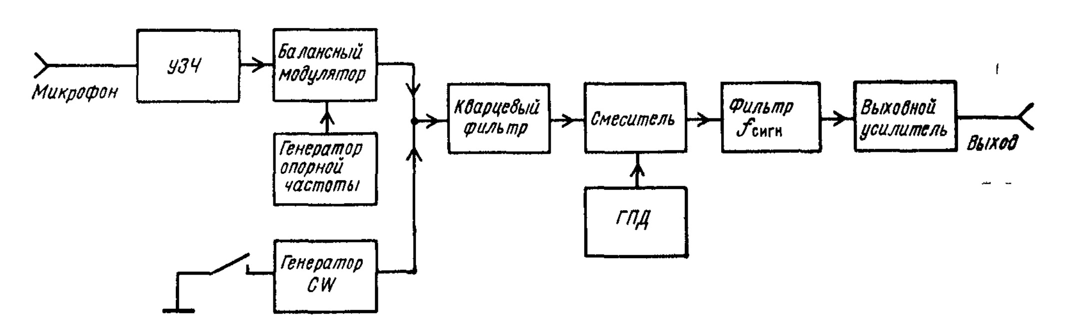


Рис 2 26. Структурная схема возбуднтеля с кварцевым фильтром

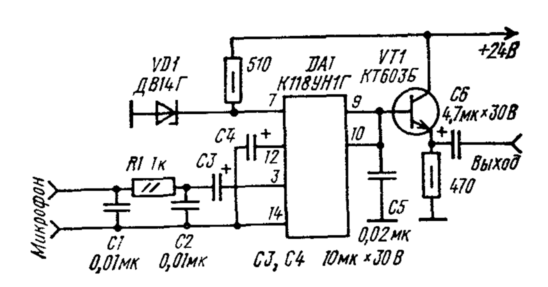


Рис. 2.27. Схема микрофонного усилителя

Рис. 2.28. Схема балансного модулятора, генератора опорного напряжения и кварцевого фильтра

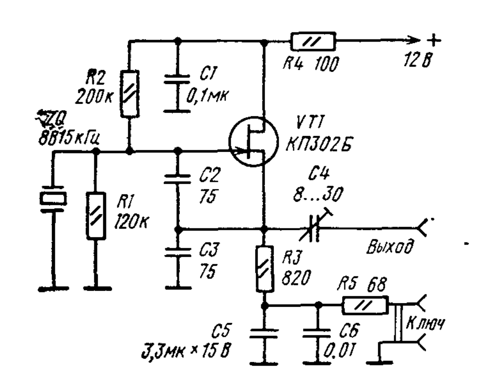


Рис. 2.29. Схема генератора телеграфных сигналов

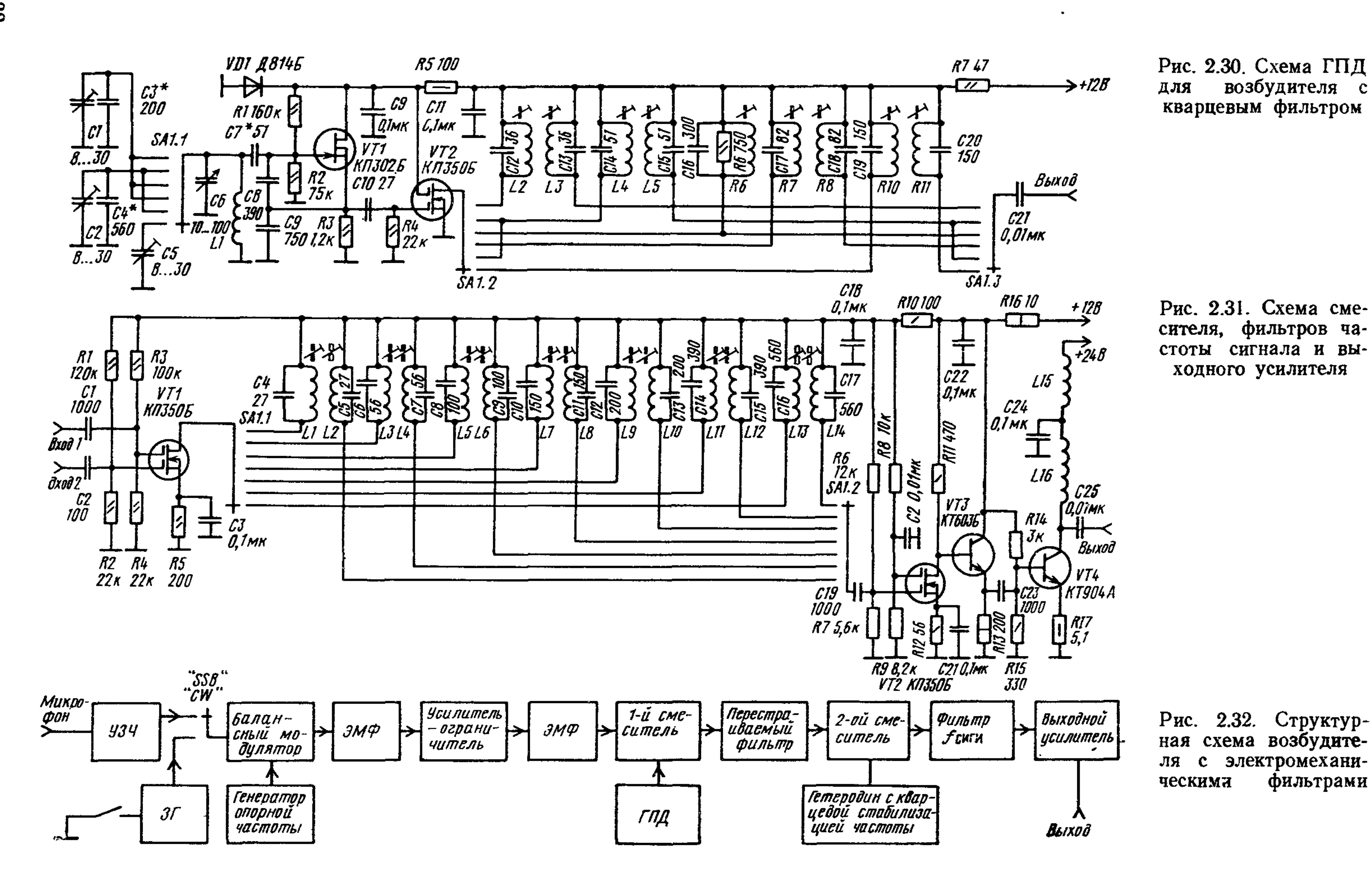


Рис. 2.30. Схема ГПД для возбудителя с кварцевым фильтром

Рис. 2.31. Схема смесителя, фильтров частоты сигнала и выходного усилителя

Рис. 2.32. Структурная схема возбудителя с электромеханическими фильтрами

Таблица 2.5

Диапазон, м	160	80	40	20	15	10
Диапазон рабочих частот, кГц	1830...1930	3500...3650	7000...7100	14 000... ...14 350	21 000... ...21 450	28 000... ...29 700
Диапазон ГПД, кГц	10 645... 10 745	12 315... ...12 465	15 815... ...15 915	5185...5535	12 185... ...12 635	18 185... ...20 885

На рис. 2.28 приведена схема балансного модулятора, генератора опорного напряжения и кварцевого фильтра.

Балансный модулятор собран по кольцевой схеме на диодах VD1—VD4. Напряжение ЗЧ подается на одно плечо диодного кольца, которое по высокой частоте заземлено конденсатором C1. Другое плечо кольца соединено с общим проводом. В диагональ кольца поданы два синфазных напряжения опорной частоты, а выходной сигнал образуют противофазные напряжения в этой же диагонали, снимаемые катушкой связи L1. При точной балансировке модулятора потенциометром R3 с дополнительной балансировкой с помощью C2 (он может быть подключен от точки соединения VD1 с VD3 на точку соединения VD2 с VD4) подавление несущей частоты по сравнению с сигналами боковых полос, выделяемыми на контуре L2C4, больше 40 дБ.

Так как коэффициент передачи диодного балансного модулятора с учетом коэффициента трансформации от L1 к L2 около 0,6, то при подаче на вход ЗЧ (рис. 2.28) напряжения 0,8 В на контуре L2C4 суммарное напряжение боковых полос будет около 0,5 В. Усилитель на VT1 при максимальном напряжении от потенциометра регулировки амплитуды двухполосного сигнала (DSB) обеспечивает получение на входе кварцевого фильтра ZQ1 напряжения DSB около 0,3 В.

ZQ1 — выпускаемый для радиолюбителей монолитный кварцевый фильтр (см. описание схемы рис. 2.7). Опорное напряжение вырабатывается генератором на VT3, частота которого стабилизируется кварцевым резонатором, прилагаемым к кварцевому фильтру. Так как частота этого резонатора близка к центральной частоте полосы пропускания фильтра, для получения опорной частоты, лежащей на нижнем срезе, резонатором включена индуктивность L3. Работу на низкоомный балансный модулятор обеспечивает эмиттерный повторитель на VT2.

Катушки L1 и L2 намотаны на магнитопроводе СБ-12а. Катушка L1 содержит 5 витков, а L2—15 витков (провод ПЭШО 0,31), катушка L3 намотана на каркасе диаметром 6 мм с подстроечником СБ-12а, намотка внавал, ширина секции 6 мм (провод ПЭШО 0,15), число витков подбирается и может быть от 20 до 50 (частота среза фильтра, на которую устанавливается частота опорного генератора, приведена в паспорте фильтра ФП2ПЧ-410). Устройство, собранное по схеме рис. 2.28, вследствие дополнительного ослабления несущей частоты в ZQ1 обеспечивает формирование сигнала SSB с подавлением несущей не меньше 50 дБ и нижней боковой полосы не меньше 40 дБ.

Для работы CW усилитель сигнала DSB закрывается с помощью резистора R9 и на вход ZQ1 подается сигнал от генератора CW (схема этого генератора приведена на рис. 2.29). Он представляет собой генератор, идентичный генератору опорного напряжения, со стабилизацией частоты кварцевым резонатором, в качестве которого используется второй резонатор, входящий в набор «Кварц-35».

Управление генерацией осуществляется ключом в цепи истока VT1. Плавные нарастание и спад телеграфной посылки обеспечиваются с помощью фильтра C5R5.

На рис. 2.30 приведена схема ГПД для возбудителя схемы рис. 2.26. Для получения принятого радиолюбителями расположения боковой полосы сигнала SSB на диапазонах 160, 80 и 40 м частота ГПД должна быть выше рабочей частоты на значение опорной частоты, а на диапазонах 20, 15 и 10 м — ниже рабочей частоты на то же значение. Тогда при преобразовании частоты на диапазонах ЗЧ будет выделяться разность частот ГПД и сформированного устройством (рис. 2.29) сигнала SSB, а на высокочастотных — сумма этих частот. Так как устройство (рис. 2.29) формирует сигнал SSB с верхней боковой полосой, а на НЧ диапазонах после преобразования частоты сигнал SSB превратится в сигнал с нижней боковой полосой, а на ВЧ диапазонах сохранится верхняя боковая полоса. При частоте формирования сигнала SSB 8815 кГц необходимо изменение частоты на выходе ГПД в соответствии с табл. 2.5.

В ГПД можно использовать умножение частоты. Ограничившись коэффициентами умножения частоты 1, 2 и 3 получаем возможность формирования необходимых частот (табл. 2.6) при работе задающего генератора ГПД только в трех диапазонах.

Таблица 2.6

Диапазон, м	160	80	40	20	15	10
Коэффициент умножения частоты	2	3	3	1	3	3
Частоты задающего генератора, кГц	5322...5372	4105...4155	5271...5305	5185...5535	4061...4212	6295...6962
Номер диапазона частот задающего генератора	1	2	1	1	2	3

Сокращение в 2 раза числа диапазонов задающего генератора в 2 раза сокращает работу по его термостабилизации.

На рис. 2.30. задающий генератор выполнен по трехточечной схеме на полевом транзисторе VT1 с использованием только одной высокостабильной катушки L1. Диапазон частот задающего генератора № 1 (табл. 2.6) устанавливается подключением к L1 конденсаторов C1 и C3, № 2 — C2 и C4 и № 3 — только C5. Конденсатор C6 обеспечивает перестройку задаюдающего генератора соответственно на диапазонах частот 5185...5335, 4061...4212 и 6395... 6962 кГц, так что перекрываются диапазоны 20, 15 и 10 м поворотом ротора C6 на 180°, а остальные диапазоны — только частью полного изменения емкости конденсатора C6

Умножитель частоты собран на полевом транзисторе VT2, причем напряжение на 2-й затвор этого транзистора подается от стабилизированного с помощью VD1 источника питания задающего генератора Для выделения частот 2-й и 3-й гармоник частоты задающего генератора использованы двухконтурные полосовые фильтры, а для получения синусоидального сигнала на выходе при работе без умножения частоты (на диапазоне 20 м) оказалось достаточным иметь широкополосный одноконтурный фильтр.

Данные катушек для схем рис. 2.30 следующие. L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 18 мм проводом ПЭВ-2 0,59 с шагом 1 мм, число витков — 8,5. Катушки L2—L10 намотаны на каркасах диаметром 9 мм с подстроечниками СЦР-1 (провод ПЭШО 0,44), намотка — виток к витку. Индуктивности L2 и L3, L4 и L5, L7 и L8, L9 и L10 намотаны каждая пара на одном каркасе. У середины каркаса находятся соединенные концы этих катушек, зазор между катушками 5 мм. Необходимое число витков этих катушек:

Катушка	*Число витков*
L1, L3, L7, L8	12
L4, L5	20
L6	22
L9, L10	10

На рис. 2.31 приведена схема смесителя с фильтрами частоты сигнала и выходным усилителем возбудителя. Смеситель собран на двухзатворном полевом транзисторе VT1. На 1-й затвор (вход 2) подается сигнал частоты 8815 кГц (от устройства рис. 2.28), а на 2-й затвор (вход 1) — сигнал с выхода ГПД. В цепь стока VT1 включены полосовые фильтры, пропускающие частоты всех любительских КВ диапазонов, используемых советскими радиолюбителями, включая и диапазон 30 м, на который не рассчитан ГПД, выполненный по схеме (рис. 2.30) (этот диапазон предусмотрен в возбудителе, который будет описан ниже).

Таблица 2.7

Катушки	L1, L2	L3, L4	L5, L6	L7, L8	L9, L10	L11, L12	L13, L14
Провод ПЭШО	0,44	0,44	0,44	0.44	0 44	0,31	0,31
Число витков	7	8	10	14	18	20	30

Все катушки полосовых фильтров намотаны на каркасах диаметром 9 мм, каждая пара связанных катушек — на общем каркасе. Катушки настраиваются подстроечниками СЦР-1, намотка — виток к витку, зазор между катушками 5 мм. Соединяемые концы катушек — у середины каркаса. Остальные данные катушек полосовых фильтров для схемы рис. 2.31 приведены в табл. 2.7.

На выходе полосовых фильтров включен широкополосный усилитель мощности, обеспечивающий получение напряжения 10 В на нагрузке 75 Ом. Первый каскад этого усилителя собран на полевом транзисторе VT3. Второй каскад — эмиттерный повторитель согласующий усилитель на VT3 с низким входным сопротивлением выходного каскада усилителя, собранного на мощном СВЧ биполярном транзисторе VT4, работающем усилителем класса А. Подбором сопротивления резистора R14 устаналивается ток через VT4 около 300 мА (напряжение на R17 должно быть 1,5 В).

Дроссели питания коллекторной цепи транзистора VT4 L15 и L16 — стандартные типа Д-0,6 индуктивностью 10 и 24 мкГ соответственно. Так как нагрузка 75 Ом находится в усилителе мощиости, на который должен работать возбудитель, включать последний без соединения его выхода с входом усилителя мощности недопустимо.

2.2.5. Возбудитель для работы CW и SSB с электромеханическими фильтрами

Электромеханические фильтры на частоту 500 кГц дешевле высокочастотных кварцевых фильтров. Поэтому при формировании сигнала SSB с помощью электромеханического фильтра можно применить не один, а два фильтра, что позволяет значительно повысить эффективность работы телефоном. Это вызвано следующим.

При рассмотрении выше выходной мощности передающего устройства в режиме SSB отмечалось, что пиковое ее значение превосходит среднее. При передаче обычной речи средняя излучаемая мощность составляет 20...30% пиковой. При этом в плохих условиях приема (низком соотношении сигнал-помеха) слабые звуки теряются и разборчивость принимаемого сигнала может оказаться неудовлетворительной. В связи с этим необходимо уменьшить диапазон амплитуд передаваемого сигнала. Наиболее просто и эффективно это достигается ограничением амплитуды сигнала. Такое ограничение можно выполнить до формирования сигнала SSB или для уже сформированного сигнала, но качество принимаемого сигнала сохраняется хорошим при уровнях ограничения сигнала SSB, значительно превосходящих допустимый уровень при ограничении по ЗЧ. Чтобы объяснить такой эффект, рассмотрим результат ограничения по ЗЧ и сформированному сигналу SSB для передачи только одной синусоидальной составляющей, например тона с частотой 500 Гц. Если сигнал SSB сформирован на частоте 500 кГц, то в первом случае через ограничитель амплитуды будет проходить синусоидальный сигнал с частотой 500 Гц, а во втором — 500,5 кГц. Ограничение — нелинейная операция, в результате которой у чисто синусоидального сигнала появляются гармоники. Так как ширина спектра излучения в режиме SSB ограничена полосой 3 кГц, ограниченный сигнал пропускается через фильтр с такой полосой пропускания — ЗЧ сигнал — через фильтр с частотой среза 3 кГц, а сигнал SSB — через фильтр с полосой пропускания от 500 до 503 кГц. На выходе фильтра ЗЧ появятся в данном случае частоты 500, 1000, 1500, 2000, 2500 Гц, а на выходе фильтра сигнала SSB останется только одна исходная составляющая 500,5 кГц (ее гармоники — 1001, 1501,5 кГц и т. д. через фильтр, пропускающий только частоты, близкие к 500 кГц, конечно, не пройдут). При ограничении сложных многочастотных сигналов картина будет более сложной и в отфильтрованном спектре сигнала SSB тоже появятся дополнительные составляющие, но их уровень будет значительно меньше, чем у ограниченного и отфильтрованного сигнала ЗЧ.

Практика использования ограниченных по амплитуде и затем отфильтрованных с сохранением ширины спектра сигналов SSB показывает, что в этом случае допустимо сжатие динамического диапазона излучаемого сигнала до 20 дБ, с выигрышем в разборчивости сигнала (при приеме в условиях помех), эквивалентным увеличению мощности передатчика на 10 дБ (в 10 раз!). Структурная схема возбудителя, реализующего рассмотренный метод увеличения эффективности связи в режиме SSB приведена на рис. 2.32 (см. стр. 32.). Как и в устройстве рис. 2.26, сигнал SSB здесь формируется на опорной частоте балансным модулятором и фильтром, в данном случае — электромеханическим (ЭМФ). Сформированный сигнал усиливается и ограничивается. Второй ЭМФ обеспечивает сохранение ширины спектра ограниченного сигнала SSB.

Так как формирование SSB выполнено в возбудителе на сравнительно низкой частоте 500 кГц, его перенос на частоты всех любительских диапазонов должен производиться с двойным преобразованием частоты -- при преобразовании частоты 500 кГц сразу в 14 000, 21 000 и тем более 28 000 кГц добиться достаточной фильтрации зеркального канала и подавления частоты гетеродина невозможно. В рассматриваемой схеме первое преобразование частоты сделано с использованием ГПД в качестве гетеродина, так что на выходе 1-го смесителя приходится использовать перестраиваемый вместе с ГПД фильтр ПЧ. Зато второе преобразо-

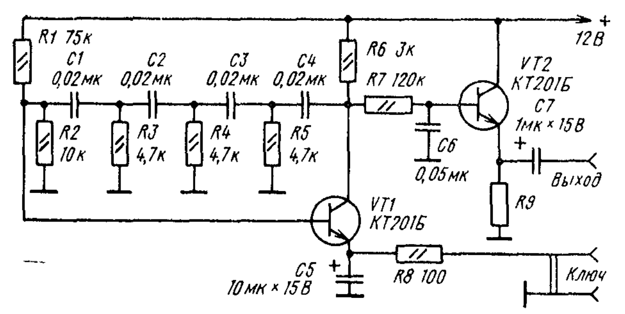


Рис. 2.33. Схема манипулируемого генератора звуковой частоты

вание частоты осуществляется с использованием гетеродина с фиксированной для каждого диапазона частотой, которая может быть стабилизирована кварцевым резонатором. Так как частоты ГПД для устройств по рис. 2.31 ниже выходных частот ГПД по рис. 2.26, использование первого позволит получить хорошую стабильность частоты возбудителя.

Устройство, выполненное по схеме рис. 2.31, отличается от устройства рис. 2.26 и способом получения сигнала CW. Применять манипулируемый кварцевый генератор на частоту, близкую к 500 кГц, нельзя, так как при такой частоте кварцевого резонатора за время передачи точки при скорости работы телеграфом уже в 50 зн/мин, амплитуда колебаний генератора не успевает установиться. Поэтому для схем с ЭМФ удобно применять манипулированный генератор звуковой частоты (ЗГ). Но при этом нужно обеспечить присутствие в выходном сигнале возбудителя только одной синусоидальной составляющей — присутствие остатка несущей частоты или гармоник манипулируемого ЗГ создаст эффект тональной модуляции телеграфного сигнала.

В рассматриваемой схеме последовательное включение двух ЭМФ обеспечивает очень хорошее (более 60 дБ) подавление несущей частоты, а частота, генерируемая ЗГ, выбрана близкой к 2 кГц, так что сигнал SSB уже от ее второй гармоники ЭМФ пропущен не будет. Схема ЗГ для рассматриваемого возбудителя приведена на рис. 2.33. Собственно генератор частоты 2000 Гц собран на транзисторе VT1 с четырехзвенным фазовращателем, обеспечивающим выполнение требований баланса фаз и амплитуд для простого генератора с биполярным транзистором. Формирование фронтов телеграфной посылки обеспечивается фильтром C5R8. Интегрирующая цепь R7, C6 улучшает чистоту синусоиды на входе эмиттерного повторителя, выполненного на VT2, и снижает амплитуду сигнала на выходе устройства до 0,5 В.

Схема устройства формирования сигнала SSB, в состав которой входят балансный модулятор, генератор частоты 500 кГц, первый ЭМФ, усилитель-ограничитель и второй ЭМФ, приведена на рис. 2.34. Балансный модулятор собран по той же кольцевой схеме, что и балансный модулятор для возбудителя (рис. 2.26), но в нем применены менее высокочастотные диоды и отсутствует регулировка баланса подстроечным кондесатором.

Генератор опорного напряжения собран на биполярном транзисторе VT1 и работает на балансный модулятор без буферного каскада.

Конденсаторы C2, C7, C13 и C14 обеспечивают настройку в резонанс на частоту 500 кГц обмоток преобразователей, входящих в состав ЭМФ.

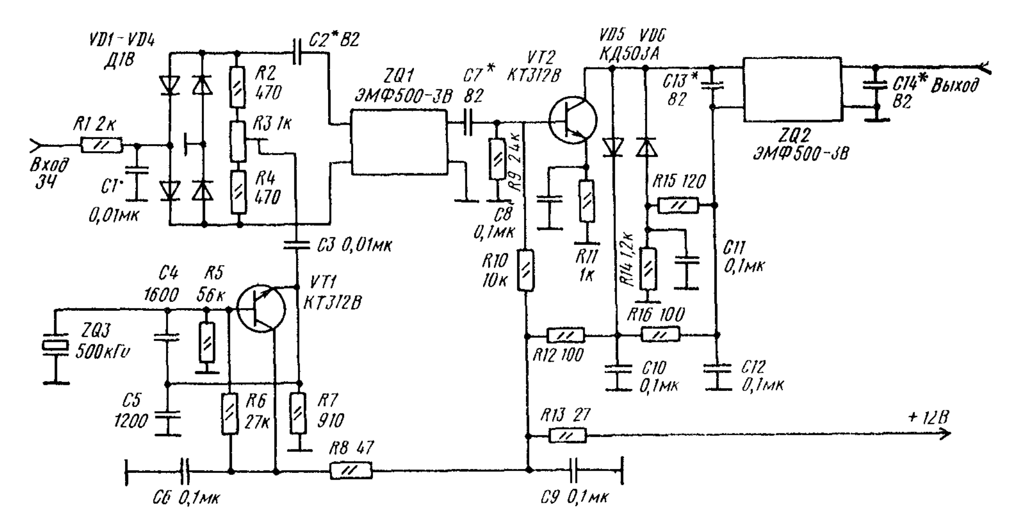


Рис 2.34. Схема устройства формирования сигнала SSB с ограничением и фильтрацией

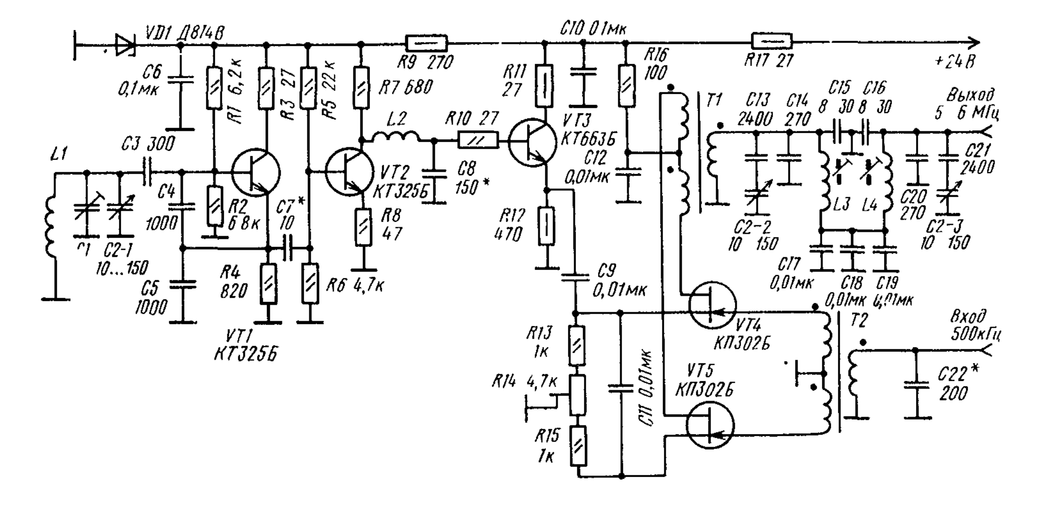


Рис. 2.35 Схема ГПД смесителя и перестраиваемого фильтра

Усиление и ограничение сигнала SSB, сформированного на выходе ZQ1, осуществляется каскадом на транзисторе VT2. Если отключить включенные в коллекторную цепь этого транзистора диоды VD5 и VD6, то на входе ZQ2 амплитуда сигнала SSB достигла бы 16 В. С помощью делителя напряжения R12, R16, R15 и R14 на VD5 и VD6 подается закрывающее эти диоды смещение (1 В). Поэтому при сигналах на коллекторе VT2 до 1,6 В диоды VD5 и VD6 отключены (кремниевые диоды открываются при положительном смещении около 0,6 В). При превышении сигналом на коллекторе VT2 уровня 1,6 В он ограничивается с двух сторон шунтирующим действием VD5 и VD6, так что вместо возможных 16 В амплитуда сигнала на входе ZQ2 будет 1,6 В, т. е. сжатие динамического диапазона осуществляется на 20 дБ (10 раз по напряжению). Учитывая нормальное ослабление сигнала в ЭМФ, напряжение на выходе устройства должно быть близким к 0,5 В.

Схема ГПД, 1-го смесителя и перестраиваемого фильтра ПЧ приведена на рис. 2.35. Промежуточная полоса в этом устройстве перестраивается в пределах 5000...6000 кГц, ГПД — 4500...5500 кГц так, что изменение положения боковой полосы сигнала SSB при преобразовании частоты здесь не происходит.

Задающий генератор ГПД собран по трехточечной схеме на транзисторе VT1, который маленькой емкостью конденсатора C7 слабо связан с буферным усилителем на транзисторе VT2. В коллекторную цепь VT2 включен фильтр L2C5, имеющий достаточно линейную частотную характеристику в диапазоне 4500...5500 кГц и сильный завал этой характеристики на частоте 9000 кГц и более высоких частотах. Такой простейший фильтр обеспечивает близкую к синусоиде форму сигнала на базе VT3, так как 2-я и более высокие гармоники частоты ГПД фильтром L2C5 не пропускаются.

Эмиттерный повторитель на транзисторе VT3 обеспечивает получение напряжения ГПД около 3 В на низкоомной нагрузке, которую представляет собой гетеродинный вход смесителя, собранного по балансной схеме на полевых транзисторах VT4 и VT5.

Балансный смеситель применен в схеме рис. 2.35 из-за сравнительно высокого отношения частот сигнала на входе и выходе преобразователя частоты (от 500 до 6000 кГц). При таком соотношении частот обычный смеситель не обеспечивает достаточного подавления сигнала ГПД на выходе двухконтурного фильтра ПЧ, настраиваемого в рассматриваемой схеме двумя конденсаторами строенного блока переменного конденсатора C2, первый конденсатор которого управляет частотой ГПД.

В смесителе, выполненном по схеме рис. 2.35, подавление сигнала гетеродина на выходе смесителя обеспечивается точной балансировкой токов через VT4 и VT5 с помощью потенциометра R14. Двухконтурный фильтр ПЧ сопряжен с ГПД с помощью конденсаторов C13 и C21. Для обеспечения равномерности напряжения ПЧ при перестройке в диапазоне 5000... 6000 кГц применена внутренняя емкостная связь между контурами ПЧ (конденсатор связи образован тремя включенными параллельно конденсаторами C17—C19). Связь на частоте 6000 кГц меньше критической, а на 5000 кГц близка к критической, так что увеличение коэффициента усиления по ПЧ, обусловленное увеличением эквивалентного сопротивления контуров ПЧ, с ростом частоты компенсируется снижением связи между контурами.

Данные катушек и трансформаторов для схемы рис. 2.35: L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 18 мм, шаг намотки 1 мм (провод ПЭВ-2 0,44), число витков — 15;

Таблица 2.8

Диапазон, м	Частота гетеродина $f_{кв}$, кГц	Образование частоты сигнал, f_c	Выделяемые частоты f_c, кГц
160	7000	$f_{кв}-f_{ПЧ}$	1000...2000
80	9000	$f_{кв}-f_{ПЧ}$	3000...4000
40	13 000	$f_{кв}-f_{ПЧ}$	7000...8000
30	16 000	$f_{кв}-f_{ПЧ}$	10 000...11 000
20	9000	$f_{кв}+f_{ПЧ}$	14 000...15 000
15	16 000	$f_{кв}+f_{ПЧ}$	21 000...22 000
10	23 000	$f_{кв}+f_{ПЧ}$	28 000...29 000

L2 — стандартный дроссель типа Д-0,1 индуктивностью 10 мкГ; L3 и L4 — намотаны на магнитопроводах СБ-12а и содержат по 12 витков (провод ПЭШО 0,44).

Трансформаторы Т1 и Т2 одинаковые. Они намотаны на тороидальных ферритовых магнитопроводах марки 600 ВЧ 10×5×4 мм. Намотка производится тремя свитыми проводами ПЭШО 0,15. Входная обмотка Т2 настраивается в резонанс на частоту 500 кГц подбором емкости конденсатора С22.

При изменении ПЧ в пределах 5000...6000 кГц частоты всех любительских КВ диапазонов могут быть получены при втором преобразовании частоты с использованием частот гетеродина с кварцевой стабилизацией частоты в соответствии с табл. 2.8 (при желании перекрыть весь диапазон 10 м необходимо использовать частоту $f_{кв}$ = 24 000 кГц). Из табл. 2.8 видно, что после второго преобразования частоты на диапазонах 160, 80 и 40 м в возбудителе (рис. 2.32) с устройствами, выполненными по схемам 2.34 и 2.35, будет выделена нижняя боковая полоса сигнала SSB, а на диапазонах 20, 15 и 10 м — верхняя боковая полоса. (На диапазоне 30 м выделяется нижняя боковая полоса сигнала SSB, но это не имеет значения, так как на этом диапазоне разрешена работа только CW.)

Гетеродин с кварцевой стабилизацией частоты для возбудителя с электромеханическими фильтрами (рис. 2.32) при перестройке ПЧ в пределах 5000...6000 кГц для работы на всех любительских КВ диапазонах должен вырабатывать пять частот: 7000, 9000, 13 000, 16 000 и 23 000 кГц. Такой гетеродин можно собрать по схеме рис. 2.13, используя пять отдельных кварцевых резонаторов. Но можно обойтись и одним резонатором, применив схему генератора со стабилизацией частоты по опорному генератору методом фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), которая приведена на рис. 2.36. Основным устройством этой схемы является генератор опорной частоты, которая должна быть в целое число раз меньше всех частот на выходе генератора с ФАПЧ. Для рассматриваемого случая подходит частота опорного

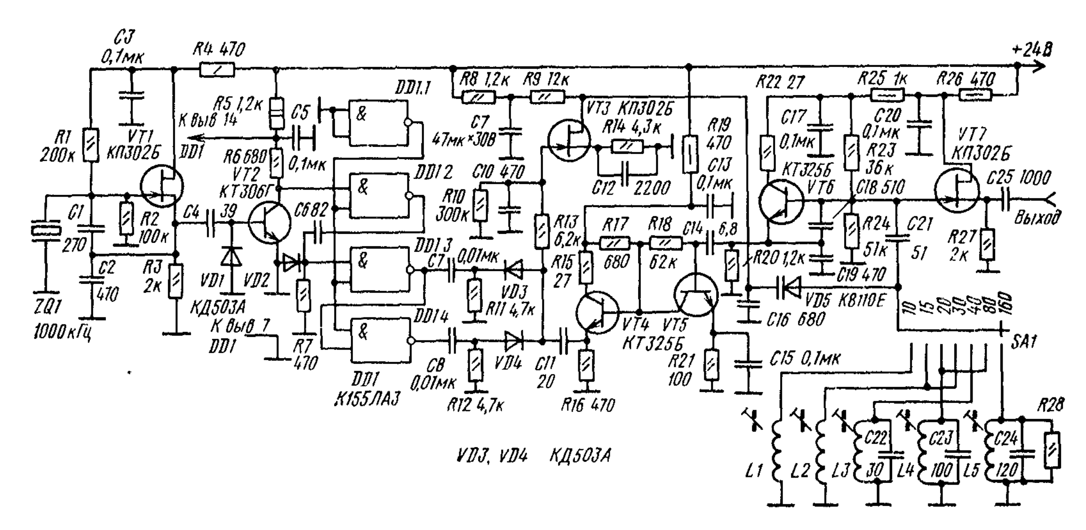


Рис 2.36. Схема гетеродина с фазовой автоподстройкой частоты

Таблица 2.9

Управляющее напряжение, В	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Частота, кГц	22 550	22 670	22 790	22 900	23 000	23 100	23 190	23 286	23 360

генератора 1000 кГц. Такой генератор собран на полевом транзисторе VT1 с кварцевым резонатором ZQ1. На транзисторе VT2 и диоде VD1 собран формирователь прямоугольных импульсов с частотой 1000 кГц, сопряженный с интегральной микросхемой DD1 серии К155. Прямоугольные импульсы с очень крутыми фронтами с выхода DD1.2 дифференцирующей цепью C6, R7 и диодом VD2 превращаются в серию коротких импульсов положительной полярности. Инвертор на DD1.3 превращает эти импульсы в отрицательные, а инвертор на DD1.4—DD1.3 — опять в положительные. Противофазные импульсы с частотой 1000 кГц с выходов DD1.3 и DD1.4 подаются на фазовый детектор, собранный на диодах VD3 и VD4.

На этот же детектор приходит и сигнал от генератора с управлением частоты с помощью варикапа. Этот генератор собран на транзисторе VT6 и варикапе VD5. Частота, вырабатываемая генератором на VT6, при отсутствии управляющего напряжения на варикапе VD5 определялась бы только контурами, состоящими из последовательно включенных конденсаторов C19, C18, C21 и подключаемых с помощью переключателя диапазонов катушек L1, L2—L5 (к L3—L5 подключены дополнительные конденсаторы C22, C23, C24, а к L5 еще и снижающий амплитуду колебаний резистор R28). С фазовым детектором генератор на VT6 связан через два буферных каскада, собран на транзисторах VT4 и VT5. При некратности частоты сигнала, поступающего от VT4, частоте импульсов, поступающих от DD1, на выходе фазового детектора появляется напряжение ЗЧ (до десятков кГц), которое поступает на затвор усилителя, собранного на полевом транзисторе VT3. Этот усилитель (УПТ) пропускает частоты от 0 (постоянный ток) до 100 кГц (верхние частоты ограничены конденсаторами C10 и C16). Напряжение с выхода УПТ поступает на VD5 и изменяет частоту генератора на VT6 до ее совпадения с гармоникой опорного генератора с точностью до фазы.

Катушки генератора, стабилизируемого системой ФАПЧ, намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 6 мм и настраиваются подстроечниками от СБ-12а. Все эти катушки намотаны проводом ПЭВ-2 0,25 виток к витку. Необходимое число витков для катушек индуктивности:

Катушка	*Число витков*
L1	12
L2	20
L3	20
L4	20
L5	25

В зависимости от установки положения переключения SA1 стабилизируются частоты $f_{кв}$, указанные в табл. 2.8. Для нормальной работы системы ФАПЧ характеристика управления частотой генератора на VT6 с помощью VD5 должна быть достаточно линейной. Снятая характеристика зависимости этой частоты от напряжения VD5 на диапазоне 10 м для реальной схемы приведена в табл. 2.9.

При такой характеристике управления частотой полоса захвата в возбудителе (рис. 2.26) для самой высокой частоты (23 000 кГц) получилась ±45 кГц, а для самой низкой (7000 кГц) ± ±18 кГц.

Соответствующие полосы удержания частоты после ее захвата ±250 и ±60 кГц. Выходное напряжение стабилизированной частоты снимается на второй смеситель с возбудителя (рис. 2.26) через истоковый повторитель. Это напряжение находится в пределах 1,5...2 В. Второй смеситель, фильтры частоты сигнала и выходной усилитель могут быть выполнены по рассмотренной выше схеме рис. 2.32.

2.2.6. Усилитель мощности передатчика радиостанции 4-й категории

При рассмотрении требований к передающим устройствам любительских радиостанций указывалось, что усилитель мощности может быть выполнен только на полупроводниковом приборе или электронной лампе, которые не могут отдать в антенну мощность, существенно превосходящую разрешенную для данной категории. Для радиостанций 4-й категории с учетом возможности работы в режиме SSB, который разрешен этой категории

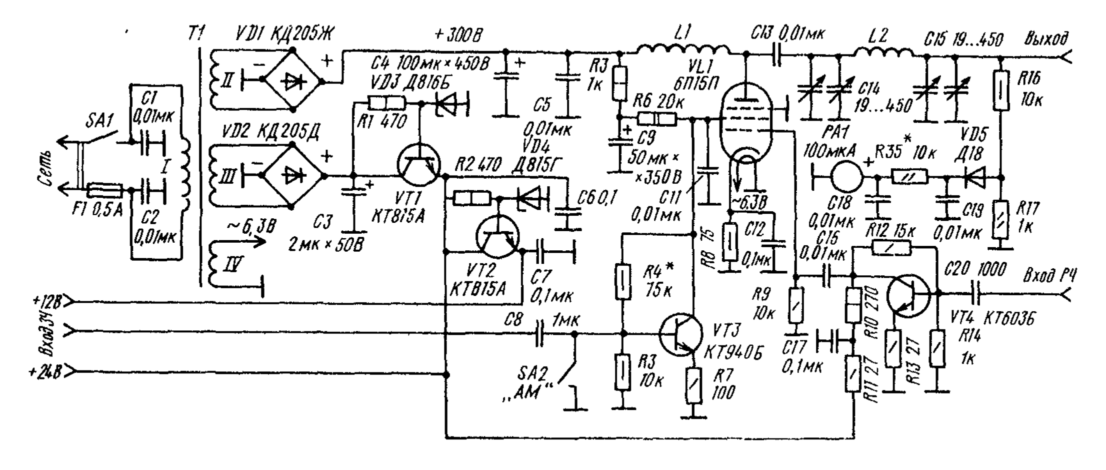


Рис. 2.37. Схема усилителя мощности радиостанции 4-й категории

радиостанций, для выходного каскада с выходной мощностью 5 Вт можно использовать следующие приборы: транзисторы (по 1 шт.) ГТ905, КП907, КТ904, КТ907, КТ914, КТ916, КТ919, КТ922, КТ925, КТ934, КТ940, а также лампы ГУ-15, 6П15П, 6П23П.

Несмотря на то, что имеется много транзисторов, которые могут обеспечить требуемую мощность на диапазоне 160 м, начинающему радиолюбителю лучше использовать для выходного каскада электронную лампу. Во-первых, такой каскад недорог, во-вторых, он создает мало помех на частотах телевизионного вещания и, что самое главное, практически не выходит из строя при работе с различными антеннами. Схема усилителя мощности радиостанции 4-й категории, которая может быть использована с возбудителем, состоящим из ГПД (рис. 2.23), приведена на рис. 2.37. В этой схеме предусмотрена возможность работы с АМ от микрофонного усилителя, выполненного по схеме рис. 2.27. Схема усилителя мощности (рис. 2.37) включает в себя устройство питания как самого усилителя, так и устройств, показанных на рис. 2.23 и рис. 2.27.

Усилитель мощности двухкаскадный. Первый каскад — усилитель на транзисторе VT4. При напряжении на соединителе «Вход РЧ», равном 0,5 В, усилитель обеспечивает напряжение на управляющей сетке VL1 около 3 В.

При работе без АМ переключатель SA2 замкнут и включенный в цепь экранирующей сетки VL1 транзистор VT3 закрыт. При этом вследствие падения напряжения на резисторе R6 устанавливается напряжение на экранирующей сетке VL1 около 150 В. При анодном напряжении 300 В через VL1 в режиме отсутствия возбуждения течет ток около 30 мА, т. е. подводится мощность 9 Вт. Почти не меняется подводимая мощность и при подаче возбуждения (нажатии ключа в возбудителе) — при этом ток через VL1 будет 35...40 мА. Включенный в анодную цепь VL1 колебательный контур C14L2C15 выделяет частоты диапазона 160 м и трансформирует сопротивление антенны, подключенной к соединителю «Выход», в сопротивление, оптимальное для нагрузки VL1. Для настройки этого контура служит индикатор выходного напряжения, состоящий из делителя напряжения R16, R17, детектора на VD5 с фильтром C19R10C18 и стрелочного прибора PA1. Регулируя емкости конденсаторов C14 и C15, следует добиваться максимума показаний в режиме без модуляции PA1 (подбором резистора R10 целесообразно при этом установить показания PA1 на 80...90% всей его шкалы).

После этого, разомкнув контакт переключателя SA2, перевести усилитель в рабочую точку для АМ — подбором резистора R4 установить напряжение на экранирующей сетке VL1, при котором показания PA1 снизятся в 2 раза.

При замкнутом контакте переключателя SA2 усилитель (рис. 2.37) может быть использован и как усилитель сигнала SSB. Источниками такого сигнала могут быть возбудители, выполненные по схемам рис. 2.26 или 2.32, из которых следует исключить выходные усилители. Данные катушек индуктивности усилителя: L1 — дроссель ВЧ намотан на текстолитовом стержне диаметром 12 мм виток к витку (провод ПЭВ-2 0,15), длина намотки 80 мм, L2 — контурная катушка, намотана на каркасе диаметром 30 мм виток к витку (провод ПЭВ-2 0,44) и содержит 50 витков. При описанном выполнении L2 и указанных на схеме рис. 2.37 емкостях конденсаторов C14 и C15 (это сдвоенные конденсаторы переменной емкости от радиовещательных приемников) обеспечивается согласование усилителя практически с любой антенной (за исключением коротких проводов длиной менее 30 м, которые не могут служить хорошей антенной для передающего устройства диапазона 160 м). Усилитель мощ-

ности (рис. 2.37) питается от двух источников напряжения на +300 В для VL1 и +24 В для VT4. Источник напряжения +300 В представляет собой мостиковый выпрямитель на VD1, нагруженный на достаточно большую емкость конденсатора C4. Так как пентод VL1 слабо реагирует на пульсации анодного напряжения, использование такого простого источника питания для его анодной цепи допустимо. Питание экранирующей сетки VL1 осуществляется через дополнительный фильтр R3C9.

Напряжение +24 В получается от выпрямителя на VD2 с конденсатором фильтра C3. Стабилизация и сглаживание этого напряжения осуществляется устройством на элементах VT1 и VD3. От напряжения +24 питается стабилизатор напряжения на +12 В, которое необходимо для работы ГПД. Двойная стабилизация этого напряжения обеспечивает постоянство частоты и чистоту тона ГПД. Силовой трансформатор T1 должен иметь габаритную мощность около 25 Вт. На обмотке II напряжение 220 В при токе нагрузки до 50 мА, на обмотке III — 25 В при токе до 0,3 А и на обмотке IV — 6,3 В при токе 0,8 А. Такой трансформатор можно намотать на тороидальном магнитопроводе из стали ХВП с наружным диаметром 70 мм, внутренним диаметром 40 мм и высотой 13 мм. Обмотка I содержит 4400 витков (провод ПЭВ-2 0,29), обмотка II — 4400 витков (провод ПЭВ-2 0,16), обмотка III — 500 витков (провод ПЭВ-2 0,44) и обмотка IV — 145 витков (провод ПЭВ-2 0,64).

2.2.7. Усилитель мощности для радиостанций 3-й категории

Для выходного каскада радиостанций 3-й категории, мощность передающего устройства которых может достигать 10 Вт и которые могут работать в режиме SSB, можно использовать: транзисторы, рекомендованные для передатчиков мощностью 5 Вт (до 2 шт.), и по 1 шт. транзисторы ГТ906, КП901—КП903, КТ909А, В, КТ921, КТ934. Электронные лампы Г-807, ГУ-17, ГУ-18, ГУ-32, ГУ-63, 6П13С, 6П31С.

Не только для радиостанций 3-й категории, но и для работы QRP радиостанций 1-й и 2-й категорий может представлять интерес схема транзисторного усилителя мощности для работы CW и SSB, приведенная на рис. 2.38. Транзисторные усилители мощности имеют очень низкое (единицы или десятки ом) выходное сопротивление, что создает определенные трудности в выполнении цепей их связи с антенной. В частности, в таких усилителях оказывается недопустимым использование длинных (до 10 см) проводов, которые необходимы для переключения резонансных цепей связи с антенной для каждого диапазона. Поэтому транзисторные усилители мощности высокой частоты часто выполняют с широкополосными трансформаторами связи с антенной, причем эти трансформаторы достаточно критичны по своим характеристикам.

Схема рис. 2.38 — однодиапазонная. Для работы на диапазонах 40, 80 и 160 м можно использовать переключаемые контура, но более рационально выполнить именно однодиапазонный усилитель. Устройство, выполненное на схеме рис. 2.38, рассчитано на работу от описанных выше возбудителей с выходной мощностью около 1 Вт. Нагрузкой возбудителя, обеспечивающей и стабильную (без признаков самовозбуждения на всех диапазонах) работу усилителя является резистор R1. В качестве линейного усилителя мощности используется мощный полевой транзистор VT2. Почему нужен именно линейный усилитель? Это вызвано использованием усилителя в режиме SSB. В этом режиме на вход услителя подается сигнал, спектр которого состоит из большого числа составляющих, занимающих полосу 3000 Гц. Рассмотрим простейший пример — усиление двухтонового сигнала SSB. Пусть от УЗЧ передаются два тона: 1000 и 2500 Гц. Тогда при работе на частоте 14 200 кГц сигнал SSB будет состоять из частот 14 201 и 14 202,5 кГц. При нелинейности усилителя на его вы-

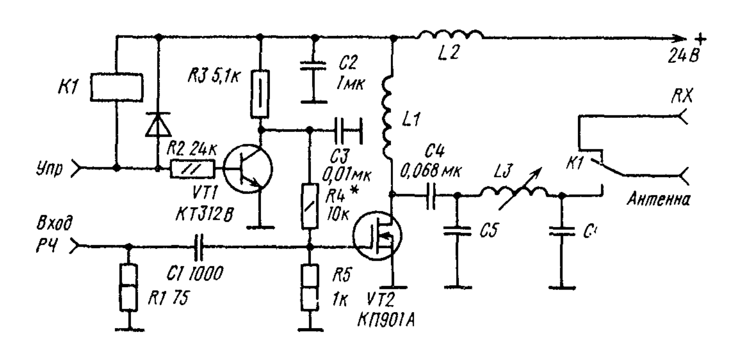


Рис 2.38. Схема транзисторного усилителя с выходной мощностью 10 Вт

Таблица 2.10

Диапазон, м	Емкость конденсатора, пФ		Число витков L3	Диапазон, м	Емкость конденсатора, пФ		Число витков L3
	C5	C6			C6	C5	
160	6200	3000	20	20	750	420	7
80	3000	1500	15	15	470	300	5
40	1600	820	10	10	300	200	4

ходе появятся две гармоники этих сигналов с частотами 28 402 и 28 405 кГц. Сами эти гармоники будут задержаны фильтром на выходе усилителя, но их разности с основными частотами — комбинации третьего порядка: 28 402 — 14 202,5 = 14 199,5 кГц и 28 405 — 14 201= = 14 204 кГц, пройдут через выходной фильтр и недопустимо расширят спектр сигнала SSB, который должен находиться между частотами 14 200 и 14 203 кГц. Еще большее расширение спектра дадут комбинации пятого и более высоких порядков.

Однотоновые сигналы, в частности сигнал CW, никаких лежащих вблизи излучаемой частоты комбинаций при нелинейном усилении не дадут, поэтому, когда работа на SSB предусматривается, линейность выходного каскада не обязательна, если не опасаться создать помехи мало ослабленными высокими гармониками сигнала рабочей частоты (именно эти гармоники — наиболее частая причина помех телевизионным приемникам от любительских КВ передатчиков).

Для обеспечения хорошей линейности усиления транзистор VT2 работает при большом значении тока покоя — при отсутствии напряжения возбуждения подбором сопротивления резистора R4 устанавливается постоянный ток в цепи стока VT2 около 0,3 А. Однотонновый сигнал напряжением 1 В на соединителе «Вход РЧ» увеличит постоянную составляющую тока через VT2 по 0,7 А с выделением контуром C5 L3C6 в антенну мощности 10 Вт. В схеме рис. 2.38 предусмотрена коммутация прием — передача. Она осуществляется от внешней цепи управления, которая замыкается на корпус при переходе на передачу. При этом срабатывает высокочастотное реле K1, контакты которого отключают антенну от приемника и подключают ее к выходу усилителя мощности. В режиме приема цепь управления разомкнута и на базу транзистора VT1 подается положительное напряжение, открывающее его. Напряжение на коллекторе VT1 становится близким к нулю, и VT2 закрывается.

Реле K1 типа РПВ2/7, паспорт РС4.521.952. Дроссели L1 и L2 типа Д-1 (на 1 А) индуктивностью 30 и 10 мкГ соответственно.

Данные контура на выходе усилителя (рис. 2.38) приведены в табл. 2.10. Катушки L3 — однослойные, диаметр каркаса 15 мм (провод ПЭВ-2 1,5). Длина намотки подбирается для каждого диапазона до получения максимума выходной мощности на центральной частоте.

2.2.8. Усилитель мощности для радиостанции 2-й категории

Для выходного каскада радиостанций 2-й категории, мощность передающего устройства которых на всех любительских КВ диапазонах, за исключением 160 м (работа на диапазоне 30 м этим радиостанциям не разрешена), может быть равна 50 Вт и которые могут иметь режим SSB, рекомендуется использовать следующие приборы: транзисторы — КП904, КТ909Б, Г (2 шт.), КТ922В, Д (2 шт.), КТ926, КТ927, КТ930—КТ932 (2 шт.), ККТ935, КТ945, КТ958, КТ960; лампы — ГИ-30, ГМИ-10, ГУ-19, ГУ-29, ГУ-42, ГУ-50, 6П20С, 6П45С.

На рис. 2.39 приведена схема усилителя мощности радиостанции 2-й категории, в котором использована лампа 6П45С, включенная по схеме с заземленной сеткой.

Схема с заземленной сеткой позволяет использовать в усилителях мощности высокой частоты лампы, которые специально для этого не предназначены. В рассматриваемой схеме применен мощный лучевой тетрод, обычно используемый в устройствах строчной развертки телевизоров. В отличие от других аналогичных отечественных радиоламп, 6П45С имеет отдельный вывод от лучеобразующих пластин, это и определяет возможность ее успешного применения в устройствах с заземленной сеткой (если лучеобразующие пластины соединены внутри лампы с катодом, то емкость катод — анод оказывается недопустимо большой). Обычно усилитель по схеме с заземленной сеткой для своего возбуждения требует мощность, равную 10...20% от выходной. Для получения коэффициента усиления по мощности около 50 в цепь катода VL1 включен полевой транзистор VT2. Это позволит использовать с усилителем мощности (рис. 2.39) рассмотренные выше возбудители с выходной мощностью около 1 Вт. Устойчивая работа VT2 и всего усилителя обеспечивается включением в цепь затвора VT2 низкоомного резистора R15, который является нагрузкой возбудителя. Катод VL1

изолирован от цепи питания начала по высокой частоте дросселем L5—L6, а по постоянному току соединен с корпусом только через VT2. Управление переходом с приема на передачу осуществляется замыканием на корпус соединителя XS2. Пока эта цепь разомкнута, VT1 открыт и ток его коллектора вызывает срабатывание ВЧ коаксиального реле К1. При этом антенна отключена от усилителя мощности и соединяется с входом приемника. Одновременно открытый VT1 снижает напряжение на управляющей сетке VL1 до долей вольта и положительное напряжение на катоде VL1, создаваемое делителем напряжения R6, VT2, оказывается достаточным для закрывания VL1.

При замыкании цепи управления через XS2 транзистор VT1 закрывается, обмотка реле К1 обесточивается и антенна переключается от входа приемника на выход усилителя мощности. Одновременно на управляющую сетку VL1 подается 24 В через обмотку реле К1 и VL1 открывается. Ток через VL1 подбором резистора R10 устанавливается близким к 50 мА.

При подаче на XS5 возбуждения мощностью около 1 Вт ток через VL1 увеличивается до 200 мА.

В анодную цепь VL1 включена цепь R9, L2, исключающая возможность самовозбуждения каскада на УКВ.

Нагрузкой VL1 служит П-контур, в качестве конденсаторов переменной емкости которого использованы два одинаковых сдвоенных блока конденсаторов от радиовещательного приемника с зазором между пластинами не менее 0,3 мм. Первый блок конденсаторов С10 изолирован своим корпусом от шасси, один из статоров соединен с шасси, а другой — с L3 так, что конденсаторы С10.1 и С10.2 оказываются соединенными последовательно, образуя конденсатор настройки с максимальной емкостью 225 пФ и эквивалентным зазором не менее 0,6 мм. Конденсатор связи образуют паралельно соединенные С11.1 и С11.2. Питание усилителя мощности осуществляется от двух выпрямителей. Первый выпрямитель, собранный на диодах VD1—VD4, дает напряжения +500 В для питания анода VL1 и +250 В для питания экранирующей сетки этой лампы. В этом выпрямителе, как и в усилителе мощности (рис. 2.37), хорошая фильтрация напряжения питания анода не обязательна, но необходимая фильтрация питания экранирующей сетки обеспечивается.

Второй выпрямитель на +24 В питает обмотку реле и цепи управления переходом с приема на передачу. Необходимое сглаживание напряжения, поступающего на управляющую сетку VL1, осуществляется фильтром R5C6.

Дроссель L1 намотан на текстолитовом стержне диаметром 80 мм проводом ПЭШО 0,31. От конца, соединенного с С7, сначала наматывается виток к витку обмотка длиной 80 м, а затем с шагом 1 мм — еще 25 витков. После намотки дроссель покрывают слоем клея БФ-6 и высушивают до его полимеризации. Катушка L2 намотана проводом ПЭВ-2 0,8 на каркасе, которым служит резистор R9 типа МЛТ-1, число витков 4, длина катушки 8 мм. Для диапазона 10 м используется катушка L3. Она содержит 4 витка (провод ПЭВ-2 1,55), диаметр витков 30 мм, длина катушки 15 мм. Каркас для L3 не используется. Катушка L4 намотана на пластмассовом каркасе диаметром 32 мм, число витков 25, длина намотки 50 мм (провод ПЭВ-2 1). Отводы сделаны (считая от конца, соединенного с L3) от витков 3,6, 8 и 10. Переключатель SA2 галетный типа ПГК. Дроссель L5—L6 намотан двумя проводами ПЭВ-2 1,2 параллельно на ферритовом стержне от магнитной антенны переносного приемника. Материал стержня может быть любым (например, стержень от КВ антенны или антенн ДВ и СВ). Фор-

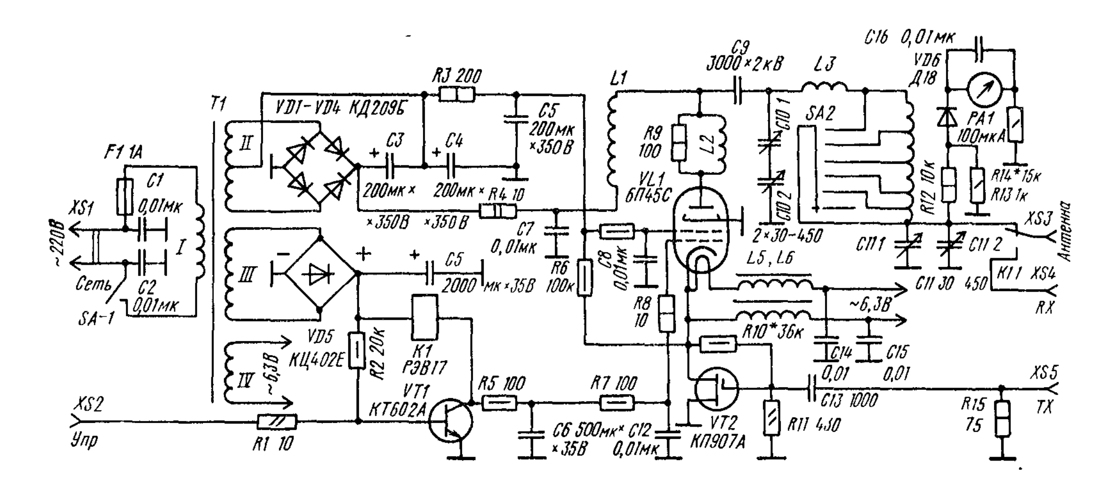


Рис 2.39 Схема усилителя мощности радиостанции 2-й категории

ма стержня — круглая или прямоугольная. Перед намоткой надо изолировать стержень лакотканью. Намотка — виток к витку, ее длина около 80 мм.

Сетевой трансформатор должен обеспечивать на обмотке II — 2 по 200 В при токе до 0,3 А, на обмотке III — 20 В при токе до 0,3 А, на обмотке IV — 6,3 В при токе до 2,5 А. Этот трансформатор намотан на магнитопроводе Ш24, толщина набора 50 мм. Обмотка I — 990 витков (провод ПЭВ-2 0,49); обмотка II—2×900 витков (провод ПЭВ-2 0,29); обмотка III — 90 витков (провод ПЭВ-2 0,29); обмотка IV — 30 витков (провод ПЭВ-2 1,2).

Настройка усилителя мощности на каждом диапазоне производится по максимуму показаний вольтметра, измеряющего напряжение на выходе усилителя. Этот вольтметр образован делителем напряжения R12, R13, детектором на VD6 и фильтром C16R14. В качестве измерительного прибора PA1 используют и менее чувствительный, чем это указано на схеме.

2.2.9. Усилитель мощности для радиостанции 1-й категории

Усилитель мощности для радиостанции 1-й категории должен иметь выходную мощность около 200 Вт. Такой усилитель можно выполнить на одном транзисторе КТ957 или на включенных по двухтактной схеме транзисторах КТ947А. Для ламповых усилителей можно рекомендовать лампы: по 1 шт. — ГИ-6Б, ГИ-7Б, ГМИ-11, ГК-71, ГУ-13, ГУ-33Б, ГУ-69Б, ГУ-70Б, ГУ-74Б, 2 шт. — ГУ-72Б.

Схема усилителя с выходной мощностью 200 Вт на диапазоны 10, 15, 20, 30, 40 и 80 приведена на рис. 2.40 (диапазон 160 м специально не предусмотрен, так как на этом диапазоне разрешена мощность только 10 Вт). Как и рассмотренные выше усилители мощности, этот усилитель рассчитан на работу от возбудителя с выходной мощностью около 1 Вт. Напряжение возбуждения подается на соединитель XS4 и через переключатель SA2.3 поступает на катушки связи контуров, включенные в сеточную цепь ламп VL1 и VL2, работающих параллельно по схеме с заземленным катодом.

Такое включение ламп усилителя обеспечивает большое усиление по мощности однокаскадной схемы (около 200). Но большее усиление требует применения нейтрализации усилителя для обеспечения его устойчивой работы.

Необходимость нейтрализации усилителя, собранного даже на современных экранированных лампах с очень маленькой проходной емкостью (у каждой из двух примененных ламп ГУ-72 емкость управляющая сетка — анод не более 0,1 пФ), поясняется простым расчетом. Коэффициент трансформации напряжения от катушек связи к контурам в сетках ламп VL2, VL3 около 3, при этом на соединителе XS4 обеспечено входное сопротивление усилителя 75 Ом. Следовательно, эквивалентное сопротивление контура в сетках ламп VL2, VL3 $75 \times \times 3^2 = 675$ Ом. Напряжение возбуждения на соединителе XS4, равное 10 В, вызывает появление на сетках VL2 и VL3 переменного напряжения $10 \times 3 = 30$ В. Такое напряжение достаточно для возбуждения ламп ГУ-72, и при настроенном контуре в анодной цепи этих ламп появится переменное напряжение около 1000 В. Реактивное сопротивление проходной емкости VL2 и VL3, значение которой с учетом паразитной емкости монтажа примем равной 0,25 пФ, на диапазоне 10 м равно 20 кОм. Через делитель напряжения, образованный проходной емкостью ламп и эквивалентным сопротивлением в их сетках, на сетки ламп попадет часть переменного напряжения на аноде $1000 \cdot 675 : 20\,000 = 33{,}75$ В — больше, чем исходное напряжение возбуждения. Наличие такой сильной обратной связи недопустимо, так как она может привести к самовозбуждению усилителя. На более низких, чем у диапазона 10 м, частотах обратная связь через проходную емкость будет более слабой, но и это недопустимо: знак связи (положительная или отрицательная) зависит от настройки контуров в анодной и сеточной цепях. При положительном знаке обратной связи резко возрастет нелинейность усилителя и, как следствие, расширяется спектр излучаемого сигнала.

Нейтрализация проходных емкостей ламп VL2 и VL3 осуществлена через «нейтральный» конденсатор C12 на «холодный» конец контура (соединенный на высокой частоте с общим проводом) в сеточной цепи, в результате чего на сетках образуется напряжение, противофазное наводимому на конец сеточного контура через проходную емкость ламп. Необходимый коэффициент деления напряжения для нейтрализации устанавливается соотношением C17—C30. Из-за влияния индуктивностей проводов, подключающих эти конденсаторы, оказалось, что точная нейтрализация, достигнутая регулировкой C17 на диапазоне 10 м не обеспечивает полное отсутствие связи между контурами в сеточной и анодной цепях VL2 и VL3 на других диапазонах и параллельно C30 на этих диапазонах с помощью SA2.4, подключаются подстроечные конденсаторы C27, C28, C29.

Для предотвращения самовозбуждения усилителя на УКВ в управляющие сетки VL2 и VL3 включены низкоомные резисторы R10 и R11. Их эквивалентное шунтирующее действие на контур в цепи сетки является достаточным для обеспечения сопротивления 75 Ом на XS4 в диапазоне 10 м. На остальных диапазонах параллельно сеточным контурам включены добавочные шунтирующие резисторы.

В анодные цепи ламп VL2 и VL3 также включены элементы защиты от самовозбуждения на УКВ — резисторы R8 и R9, отключаемые на рабочих частотах усилителя маленькими ин-

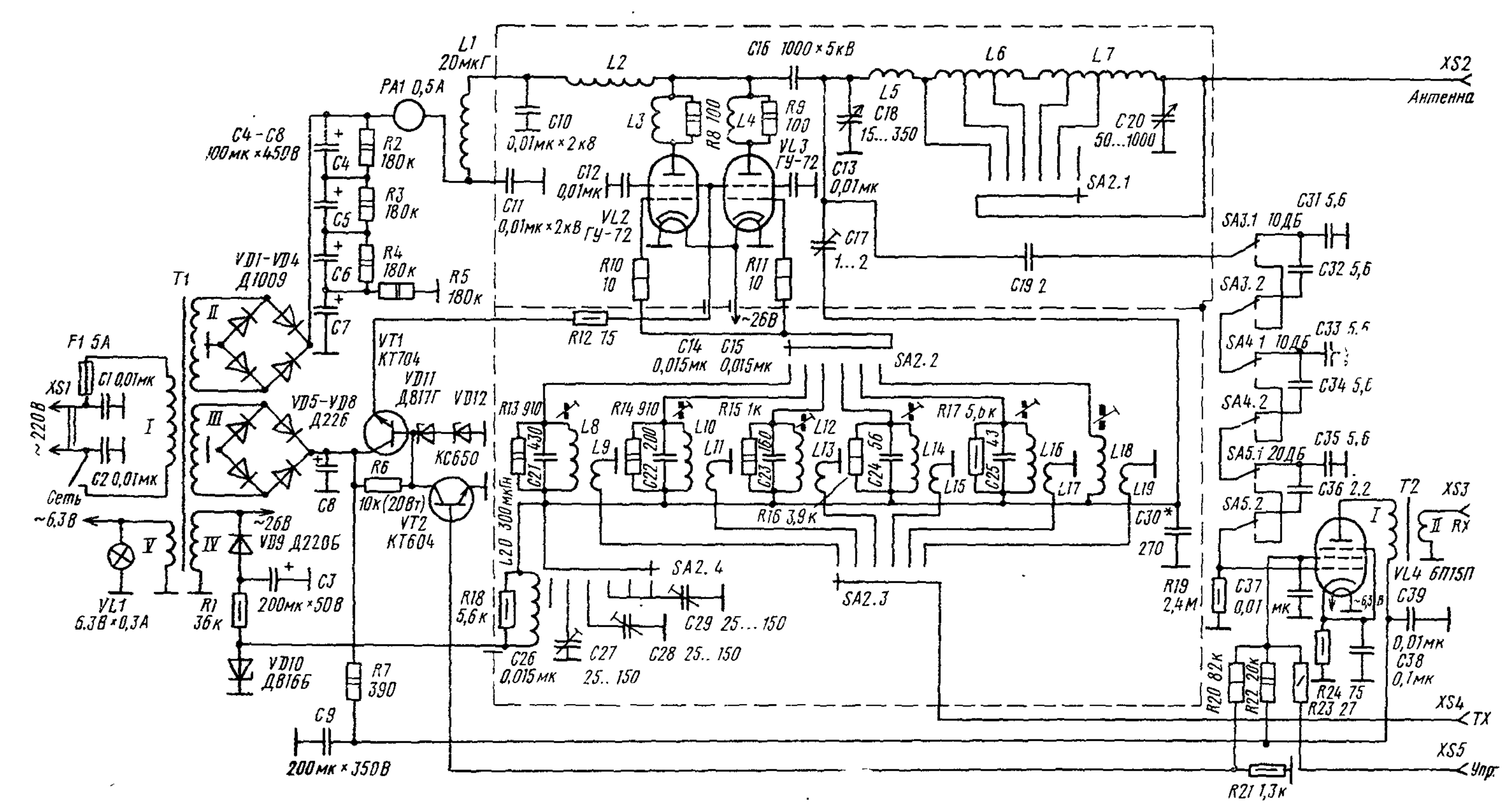


Рис. 2.40. Схема усилителя мощности радиостанции 1-й категории

дуктивностями L3 и L4. Нагрузкой VL2 и VL3 служит П-контур, обеспечивающий согласование усилителя с антенной, имеющей входное сопротивление, близкое к 75 Ом.

Питание усилителя мощности на 200 Вт осуществляется от трех источников напряжения: +1300 В для анодных цепей VL2 и VL3, +250 В для экранирующих сеток и —40 В для управляющих сеток этих ламп.

Источник +1300 В состоит из моста на высоковольтных выпрямительных столбах VD1—VD4 и емкостного фильтра, образованного последовательно включенными оксидными конденсаторами С4—С7. Возможная неравномерность распределения напряжений на этих конденсаторах из-за их токов утечки предотвращена резисторами R2—R5. Для контроля анодного тока усилителя служит аперметр PA1 (это единственный стрелочный прибор в усилителе). Хорошо нейтрализованный усилитель имеет точное совпадение минимума анодного тока с максимумом выходной мощности, и регулировка связи такого усилителя с антенной и настройка выходного контура производится до получения «провала» анодного тока на 15...20% от его значения при расстройке анодного контура (нормальное значение анодного тока рассматриваемого усилителя для получения выходной мощности 200 Вт; 350 мА при расстройке и 300 мА при настройке анодного контура).

Питание экранирующих сеток ламп VL2, VL3 осуществляется от управляемого источника напряжения. Мостиковый выпрямитель на диодах VD5—VD8 создает на конденсаторе С8 напряжение около 300 В. При замкнутой цепи управления перехода на передачу (XS5 соединен с корпусом) напряжение на базе транзистора VT2 близко к нулю и он закрыт, напряжение на базе VT1 определяется стабилитронами VD11 и VD12 (+250 В). Так как VT1 включен по схеме эмиттерного повторителя и напряжение 250 В поступает в режиме передачи на экранирующие сетки VL2 и VL3 При этом суммарный ток покоя этих ламп равен 100 мА. При приеме цепь XS5 отключается от корпуса, VT2 открывается и напряжение на базе VT1, а следовательно, и на экранирующих сетках VL2 и VL3 становится близким к нулю и эти лампы закрываются.

Отрицательное напряжение смещения на управляющие сетки VL2 и VL3 подается от однополупериодного выпрямителя на диоде VD9, питаемого от обмотки питания накала ламп усилителя мощности. Это напряжение стабилизировано стабилитроном VD10 и подается на управляющие сетки VL2 и VL3 через дроссель L20. Последний шунтирован резистором R18, в отсутствие которого усилитель оказывается склонным к самовозбуждению на длинных волнах (индуктивностями контуров в анодной и сеточной цепях при этом оказываются дроссели L2 и L20).

В рассматриваемом усилителе мощности отсутствует реле переключения антенны от входа приемника на выход усилителя. Функции коммутатора антенны выполняет каскад на лампе VL4. В режиме передачи напряжение на экранирующей сетке этой лампы отсутствует. Напряжение высокой частоты с анодов VL2, VL3 через высоковольтный конденсатор С2 поступает на управляющую сетку VL4, соединенную с корпусом через высокоомный резистор R19. Это напряжение детектируется диодом управляющая сетка—катод VL4, и на R19 образуется отрицательное напряжение, равное амплитуде переменного напряжения на этом резисторе. При отсутствии положительного напряжения на экранирующей сетке лампа VL4 остается закрытой.

При приеме на экранирующей сетке VL4 образуется положительное напряжение около 150 В (+300 В питания анода VL4 минус падение напряжения на R22 за счет тока экранирующей сетки); напряжение смещения на управляющей сетке образуется падением напряжения на R24 и близко к —2,5 В. В результате лампа VL4 открыта и работает усилителем класса «А».

Между конденсатором С19 и управляющей сеткой VL4 включен аттенюатор, образуемый емкостными делителями напряжения, соединенными с контактами SA3—SA5. В показанном на схеме положении этих переключателей затухание аттенюатора максимально: SA3 и SA4 — включает ослабитель сигнала на 10 дБ и SA5 — на 20 дБ. При отключенных аттенюаторах С19 с входной емкостью VL4 образует делитель напряжения и на управляющую сетку VL4 поступает только часть напряжения, развиваемого на «горячем» конце П-контура — конденсаторе С18. В анодную цепь VL4 включен понижающий широкополосный трансформатор. При нагрузке этого трансформатора входным сопротивлением приемника, равным 75 Ом, общий коэффициент передачи от XS2 на XS3 при установке переключателей SA3—SA5 в положение «отключено» (нет затухания) соответствует:

Диапазон, м	*Коэффициент передачи напряжения*
10	2
15	2,5
20	1,5
30	1,2
40	0,8
50	0,3

Таблица 2.11

Катушка	Число витков	Провод	Катушка	Число витков	Провод
L8	30	ПЭШО 0,44	L14	9	ПЭШО 0,44
L9	10	ПЭШО 0,31	L15	3	ПЭШО 0,31
L10	18	ПЭШО 0,44	L16	5	ПЭШО 0,44
L11	5	ПЭШО 0,31	L17	2	ПЭШО 0,31
L12	12	ПЭШО 0,44	L18	4	ПЭШО 0,44
L13	4	ПЭШО 0,31	L19	2	ПЭШО 0,31

Снижение коэффициента передачи напряжения на вход приемника на длинноволновых диапазонах не является недостатком рассматриваемого устройства, так как полная чувствительность хорошего КВ приемника может быть реализована при работе с реальными антеннами только на частотах выше 14 МГц.

Конденсатор C18 настройки П-контура должен иметь зазор между пластинами не менее 1,5 мм. Конденсатор C20 регулирует связь с антенной, зазор не менее 0,5 мм.

Переключатель SA2 собирается из переключателей двух типов: SA2.2—SA2.4 — обычные керамические платы на 11 положений типа ПКГ, SA2.1 — от щелочного переключателя типа ПР на 15 положений. Последняя установлена на одной оси с SA2.2—SA2.4 с фиксатором от переключателя ПКГ, так, что SA2.1 работает через одно положение ее щетки.

Дроссель L1 — типа Д-0,6 20 мкГ. Дроссель L2 намотан на фторопластовом стержне диаметром 21 мм (провод ПЭВ-2 0,35). В 10 мм от края стержня начинается секция дросселя, соединенная с C10, которая намотана виток к витку и имеет длину 30 мм. Далее с зазорами 2 мм намотаны тем же способом секции длиной 20, 15, 10 мм. Затем с зазором 3 мм нанотана секция из 24 витков, распределенных равномерно на длине 15 мм. От конца этой секции до конца стержня 10 мм.

Катушки L3 и L4 намотаны проводом ПЭВ-2 1 на оправке диаметром 8 мм. Длина каждой из этих катушек — 20 мм. Катушки L5 и L6 без каркаса, диаметр обмотки 40 мм (провод ПЭВ-2 1,8). Катушка L5 имеет 4 витка при длине катушки 24 мм, L6 2 + 5 + 2 витков, общая длина 36 мм. Катушка L7 намотана на керамическом каркасе диаметром 60 мм (провод ПЭВ-2 1,5). Считая от конца, соединенного с L6, 3 витка + 3 витка с шагом 3 мм, далее 9 витков с шагом 2 мм.

Катушки L8—L19 намотаны на каркасах диаметром 9 мм с подстроечниками СЦР-1. Каждая пара катушек L8 и L9, L10 н L11 и т. д. до L18 и L19 намотаны на одном каркасе, причем катушки связи (L9, L11 и т. д.) намотаны поверх контурных катушек (L8, L10 и т. д.) у их конца, соединенного с C30. Намотка всех этих катушек выполнена виток к витку. Число витков катушек L8—L19 и провод, которым они намотаны, приведены в табл. 2.11.

Сетевой трансформатор T1 намотан на магнитопроводе Ш40 140 × 160 мм. Набор 60 мм. Обмотка I — 440 витков (провод ПЭВ-2 1,25); обмотка II — 2400 витков (ПЭВ-2 0,44), обмотка III — 470 витков (ПЭВ-2 0,25); обмотка IV — 60 витков (ПЭВ-2 1,25) и обмотка V — 15 витков (ПЭВ-2 1).

Трансформатор T2 намотан на ферритовом тороидальном магнитопроводе 30ВЧ 12×6×4 мм. Обмотка I — имеет 16 витков (ПЭШО 0,44), равномерно распределенных в секторе 270. На свободной части сердечника — обмотка II — 4 витка (ПЭШО 0,44).

При настройке усилителя мощности, изготовленного по схеме рис. 2.40, необходимо выполнить согласование входа усилителя с возбудителем и нейтрализацию проходной емкости ламп усилителя. Обе эти операции можно выполнить, не включая усилитель.

Для согласования входа усилителя с возбудителем между возбудителем и соединителем XS4 усилителя включают КСВ-метр, рассчитанный на работу с кабелем, имеющим волновое сопротивление 75 Ом. На каждом диапазоне настройкой катушек в сетках VL2 и VL3 добиваются минимума КСВ. При невозможности получить КСВ меньше 1,2 необходимо подобрать число витков катушек связи. Далее подается возбуждение на XS4, а к анодам VL2 и VL3 подключается ВЧ вольтметр. На каждом диапазоне при максимуме емкости конденсатора C20 добиваемся сначала настройкой с помощью конденсатора C18 максимума показаний вольтметра (они могут быть до 50 В), а потом регулировкой нейтрализации добиваются минимума напряжения на анодах VL2 и VL3. Сначала эту операцию выполняют на диапазоне 10 м, установив C17 в среднее положение и подобрав C30. Окончательно уточняется положение C17 при фиксированном значении C30. При этом напряжение на анодах VL2, VL3 должно снизиться до десятых долей вольта. На остальных диапазонах, не трогая C17, добиваются минимума напряжения, проникающего в выходной контур усилителя от сеточного контура, регулировкой C27 (15 м), C28 (20 м) и C28 (остальные диапазоны).

2.3. ТРАНСИВЕРЫ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ КОРОТКОВОЛНОВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

В настоящее время большинство любительских КВ радиостанций оборудованы не отдельными приемными и передающими устройствами, а совмещающими их функции аппаратами — *трансиверами*. Переход радиолюбителей на трансиверы объясняется двумя причинами. Во-первых, трансивер обеспечивает автоматическую настройку передатчика на частоту корреспондента. Во-вторых, объем оборудования трансивера, а следовательно, его стоимость, размеры и масса меньше, чем у отдельных приемника и передатчика.

Важность автоматической настройки передатчика на частоту корреспондента объясняется следующим. Большое число любительских КВ радиостанций не позволяет организовать радиосвязь при произвольном выборе рабочих частот связывающихся друг с другом радиостанций, как это было в начале развития коротковолнового радиолюбительства. В то же время, дав общий вызов на «своей» частоте, радиолюбитель-коротковолновик прослушивал постепенно все частоты выбранного диапазона и легко отыскивал среди нескольких десятков работающих на этом диапазоне любительских радиостанций вызывающего его корреспондента. При сотнях, а иногда и тысячах любительских радиостанций, одновременно работающих теперь на каждом любительском КВ диапазоне при наличии дальнего прохождения радиоволн, такой поиск корреспондента практически невозможен. Поэтому современная любительская радиосвязь в большинстве случаев проводится при работе обоих корреспондентов на одной частоте. Даже в редких случаях, когда это правило не выполняется (при вызовах одной радиостанции большим числом желающих с ней связаться радиолюбителей), разнос частот корреспондентов редко превышает 10 кГц.

Услышав конец передачи интересного для него корреспондента, радиолюбитель-коротковолновик, имеющий отдельные приемное и передающее устройства, должен до начала работы на передачу настроить передатчик точно на частоту настройки приемника. Эта операция осложняет процесс вхождения в радиосвязь, а на соревнованиях коротковолновиков затрачиваемые на это секунды складываются в потерянные минуты и часы, существенно снижая спортивные результаты. В трансивере тракт передачи всегда автоматически настроен на частоту настройки приемника так, что операция установки частоты передатчика перед вызовом корреспондента вообще исключается. Если же необходимо работать с некоторым разносом частот корреспондентов, можно воспользоваться обычно имеющейся в трансивере независимой настройкой приемника (или «расстройкой» — надпись под органами управления трансиверов, изготавливаемых советскими радиолюбителями). «Расстройка» позволяет прослушать полосу ±5...10 кГц около частоты передатчика трансивера, что обеспечивает работу с разносом частот корреспондентов.

Уменьшение объема оборудования при объединении приемника и передатчика в трансивер объясняется наличием одних и тех же элементов в приемном и передающем устройствах современной любительской радиостанции. Сравним, например, структурную схему супергетеродинного приемника с одним преобразованием частоты (рис. 2.2) и структурную схему возбудителя передатчика с использованием кварцевого фильтра (рис. 2.26).

Фильтр, включенный после первого смесителя приемника — это кварцевый фильтр, выделяющий верхнюю боковую полосу в возбудителе. Первый гетеродин приемника ничем не отличается от ГПД возбудителя. Второй гетеродин приемника — это генератор опорной частоты возбудителя. Фильтры, настроенные на частоту сигнала, имеющиеся на входе и выходе УРЧ приемника, могут выполнить функцию фильтра частот сигнала возбудителя.

Таким образом, вместо приемника (рис. 2.2) и возбудителя передатчика (рис. 2.26) можно построить трансивер с общими для тракта приема и передачи кварцевым фильтром, высокочастотным перестраиваемым гетеродином, гетеродином с кварцевой стабилизацией на частоту, расположенную у среза частотной характеристики кварцевого фильтра, и фильтр частот сигнала. Следует отметить, что перечисленные элементы — это самые сложные и дорогостоящие узлы приемника и передатчика. При таком построении приемопередающей радиостанции частота настройки приемника и частота сигнала на выходе передатчика будут автоматически совпадать, так как они определяются частотами гетеродинов и частотой кварцевого фильтра.

2.3.1. Схема трансивера

Схема трансивера приведена на рис. 2.41. Трансивер предназначен для работы в составе приемопередающей любительской КВ радиостанции и выполняет функции приемника и возбудителя передатчика. В зависимости от категории радиостанции к описываемому трансиверу необходимо подключить один из рассмотренных выше усилителей мощности. При таком построении радиостанции трансивер, определяющий основные ее характеристики, подвергается механическим, тепловым и электромагнитным воздействиям мощного выходного усилителя передатчика в значительно меньшей степени, чем при введении усилителя мощ-

ности передатчика в состав трансивера. Одновременно упрощается коммутация высокочастотных цепей радиостанции при переходе с приема на передачу: выход возбудителя трансивера постоянно подключен ко входу усилителя мощности, и коммутация высокочастотных цепей сводится к переключению антенны от выхода усилителя мощности к входу приемника трансивера. При использовании в составе радиостанции трансивера и автономного приемника, что обеспечивает работу в эфире с любым разносом частот и возможность контроля излучаемого сигнала, антенный вход дополнительного приемника может быть подключен вместо входа приемника трансивера.

В рассматриваемом трансивере имеются два высокочастотных соединителя XS1 — вход приемника и XS2 — выход возбудителя. Трансивер обеспечивает работу на разрешенных для использования передающими радиостанциями в нашей стране участках любительских КВ диапазонов 160, 80, 40, 15, 20 и 10 м. Недавно разрешенный для использования только радиостанциями категории 1 диапазон 30 м в трансивере отсутствует. Введение этого диапазона требует изменения номинала промежуточной частоты трансивера, определившейся частотой кварцевого фильтра 5000 кГц — вторая гармоника этой частоты слишком близка к частотам 30 м любительского диапазона.

В режиме приема рассматриваемый трансивер имеет чувствительность при соотношении сигнал-шум на выходе 10 дБ 0,5 мкВ, ширину полосы пропускания в режиме SSB 2500 Гц и в режиме CW 600 Гц, реальную избирательность при расстройке на 10 кГц 90 дБ, ослабление зеркального канала приема не менее 80 дБ.

В режиме передачи трансивер имеет режимы работы SSB и CW, выходную мощность (регулируемую) до 1,5 Вт. В режиме SSB осуществляется сжатие динамического диапазона выходного сигнала возбудителя на 20 дБ.

Стабильность частоты трансивера характеризуется ее уходом за 15 мин работы без включения режима стабилизации частоты не более 300 Гц. При включении режима стабилизации частоты трансивер работает с сеткой частот, имеющей шаг 200 Гц. Уход частоты за 15 мин работы в этом режиме не превышает 10 Гц.

При приеме сигнал от антенны поступает через соединитель XS1 на плату SA1.7 переключателя диапазонов и с движка этого переключателя на соответствующую катушку связи входных контуров приемника (выводы 3, 5, 7, 9, 11, 13 узла 3 схемы рис. 2.41). Выводы 2, 4, 6, 8, 10, 12 узла входных контуров приемника — это «горячие» концы входных контуров приемника, которые через SA1.6 подключены к входу УРЧ приемника — вывод 3 узла 5 трансивера. «Холодный» конец этих контуров (вывод 1 узла 3) также соединен с узлом 5 (вывод 5). Нагрузкой УРЧ приемника, входящего в узел 5, являются полосовые фильтры узла 2. Эти фильтры одноконтурные на диапазонах 160, 80 и 40 м и двухконтурные на диапазонах 20, 15 и 10 м. Соответственно узел 2 имеет по одному выводу на диапазонах 160, 80 и 40 м (выводы 9, 8 и 7) и по два вывода на остальных диапазонах (выводы 6 и 5 — это вход и выход фильтра диапазона 20 м; 4 и 3 — соответственно диапазона 15 м; 2 и 1 — диапазона 10 м). Переключение полосовых фильтров частоты сигнала узла 2 осуществляется платами SA14. и SA1.5. На диапазонах 160, 80 и 40 м контакты этих переключателей соединены друг с другом. Усиление УРЧ приемника регулируется напряжением, поступающим на вывод 2 узла 5.

Усиленный в узле 5 и отфильтрованный от помех зеркального канала в узле 2 принимаемый сигнал через SA1.4 поступает на первый смеситель через вывод 13 узла 4. «Холодные» концы фильтров узла 2 соединены с выводом 14 узла 4. В состав узла 4 входит часть элементов первого гетеродина приемника (ГПД возбудителя). Остальные элементы ГПД — катушка индуктивности и емкости частотозадающего контура ГПД расположены вне узлов схемы рис 3.41, а выходные фильтры частот ГПД входят в состав узла 1.

Генератор плавного диапазона трансивера выполнен по структуре, аналогичной ГПД на схеме рис. 2.30. Так как частота кварцевого фильтра, как указано выше, равна 5000 кГц, частоты на выходе ГПД должны соответствовать табл. 2.12.

Формирование выходных частот ГПД осуществляется в трансивере в соответствии с табл. 2.13.

Задающий частоту контур ГПД должен перекрывать частоты от 6000 до 12 350 кГц. Коэффициент перестройки по частоте около 2 легко реализуется при использовании одной катушки индуктивности, что и выполнено в нашем трансивере с использованием высокостабильной катушки L1. Для увеличения стабильности частоты ГПД на наиболее высокочастотном диапазоне переключатель емкостей контура задающего генератора SA1.1 на диапазоне 10 м не используется; на этом диапазоне емкость, подключенная к L1, образуется постоянно включенными C11—C13 (C13 — переменный конденсатор установки частоты трансивера). На остальных диапазонах SA1 подключает к L1 дополнительно группы конденсаторов, определяющих частоты ГПД: на 160 м — C9 и C10, на 80 м — C8 и C7, на 40 м — C5 и C6, на 20 м — C3 и C4, на 15 м — C1 и C2. Частота ГПД изменяется не только с помощью конденсатора C13, но и входящим в состав узла 4 варикапом. Управляющее напряжение на варикап подается на вывод 5 узла 4 от переключателя SA2. В среднем положении этого переключателя управляющее напряжение постоянно (снимается с вывода 3 узла 4). В показанном на схеме рис. 2.41 положении SA2 управляющее напряжение через замк-

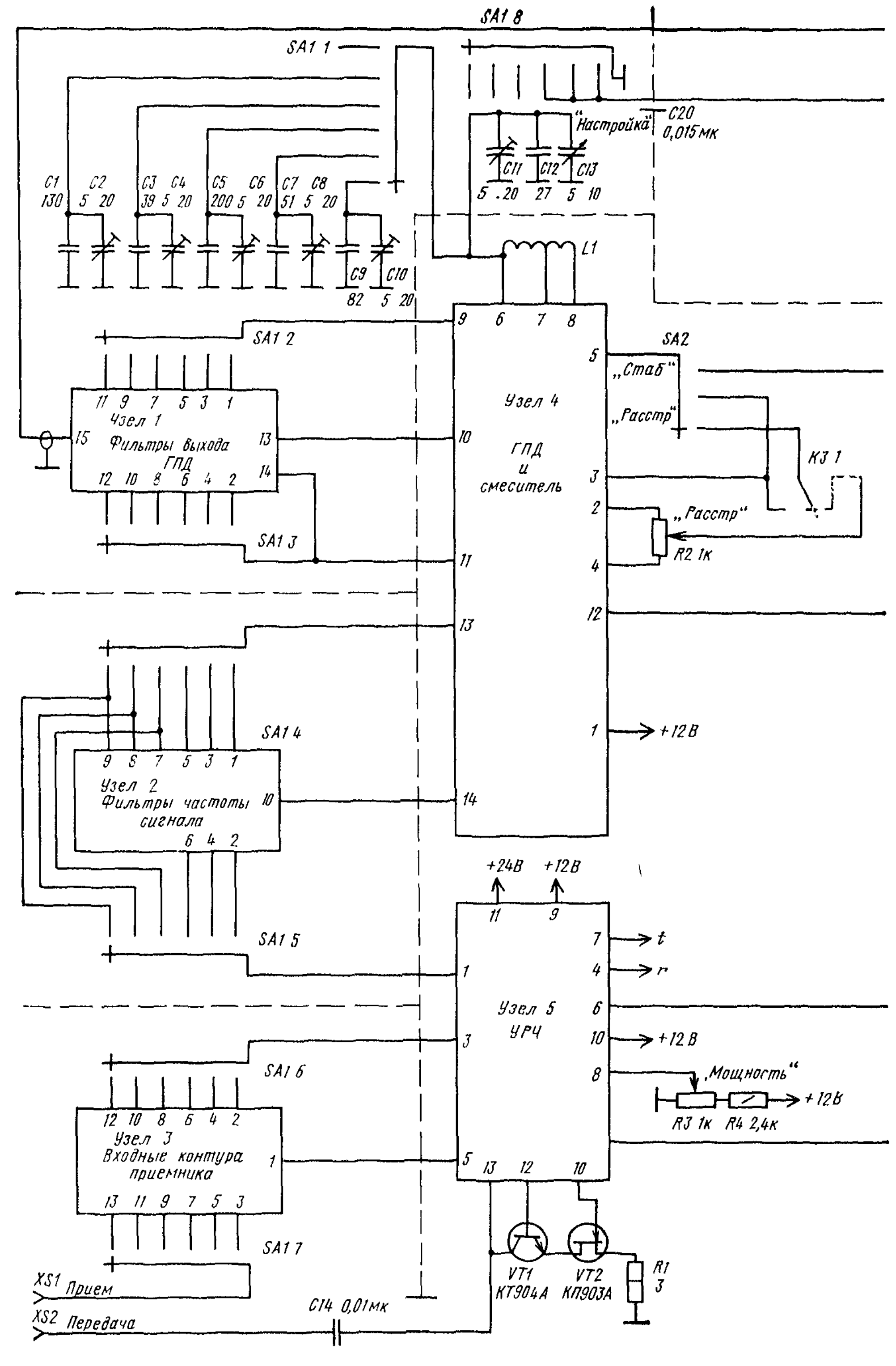

SA1 8
SA1 1
C20
0,015мк
"Настройка"
C1 130
C2 5 20
C3 39
C4 5 20
C5 200
C6 5 20
C7 51
C8 5 20
C9 82
C10 5 20
C11 5 .20
C12 27
C13 5 10
L1
SA1 2
Узел 1
Фильтры выхода ГПД
Узел 4
ГПД и смеситель
SA2
"Стаб"
"Расстр"
K3 1
"Расстр"
R2 1к
SA1 3
+12 В
SA1 4
Узел 2
Фильтры частоты сигнала
+24В
+12В
SA1 5
Узел 5
УРЧ
t
r
+12 В
"Мощность"
+12В
R3 1к
R4 2,4к
SA1 6
Узел 3
Входные контура приемника
SA1 7
XS1 Прием
XS2 Передача
C14 0,01мк
VT1 КТ904А
VT2 КП903А
R1 3

Рис 2 41

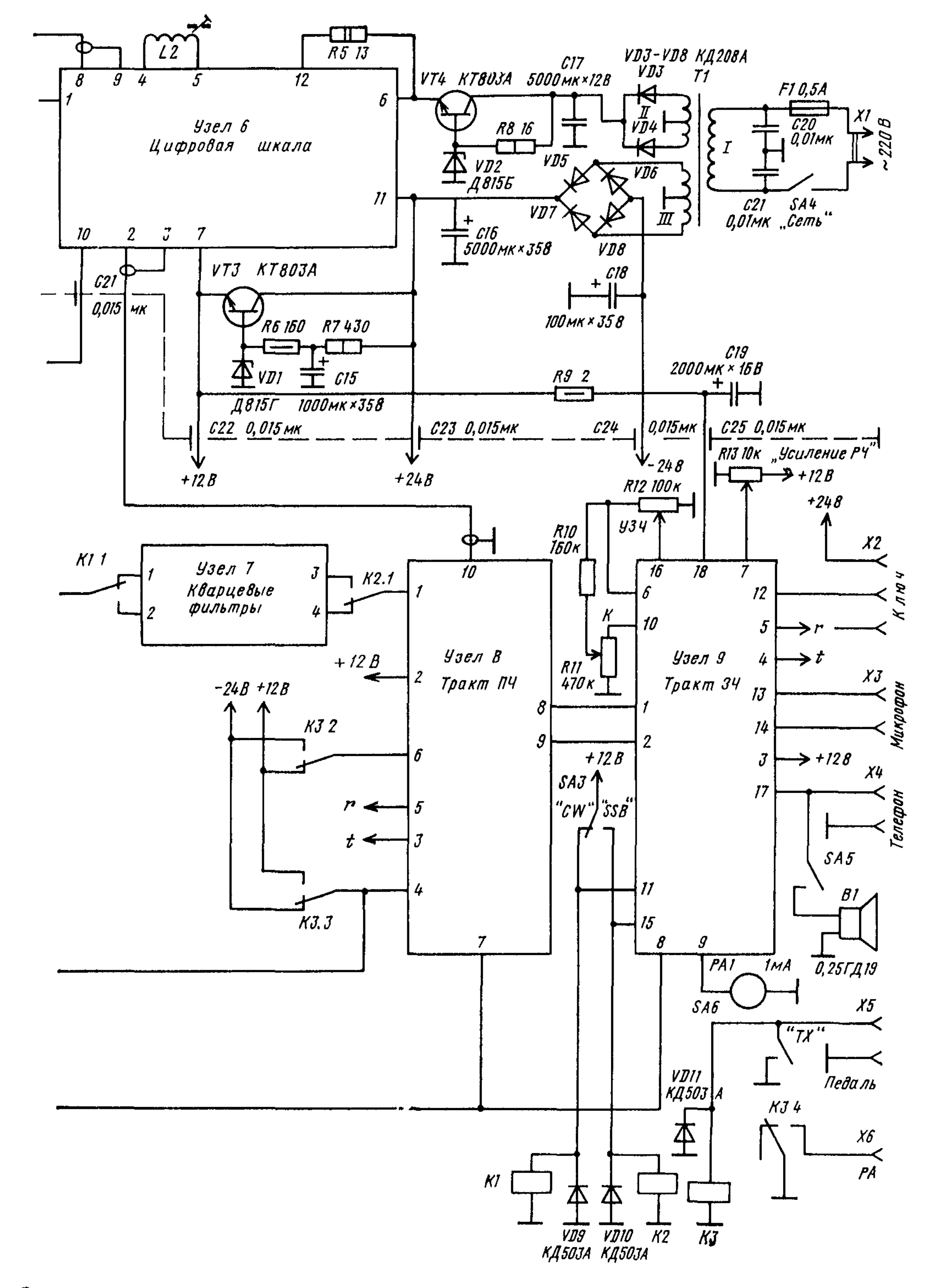


Схема трансивера

Таблица 2.12

Диапазон, м	160	80	40	20	15	10
Диапазон рабочих частот, кГц	1830...1930	3500...3650	7000...7100	14 000... ...14 350	21 000... ...21 450	28 000... ...29 700
Диапазон ГПД, кГц	6830...6930	8500...8650	12 000... ...12 100	9000...9350	17 000... ...17 450	23 000... ...24 700

нутые при приеме контакты реле К3.1 поступает с движка потенциометра R2 «Расстройка». В положении SA2 «Стаб.» управляющее напряжение поступает в узел 4 от узла 6 (вывод 10) цифровой шкалы.

Выделение требуемых гармоник частот задающего генератора осуществляется узлом 1 — фильтрами выхода ГПД. Умножитель частоты ГПД (вывод 9 узла 4) подключен через SA1.2 к входам фильтров частот ГПД (выводы 11, 9, 7, 5, 3, 1 узла 1). Выходы этих фильтров (выводы 12, 10, 8, 6, 4, 2 узла 1) через SA1.3 подключаются к гетеродинному входу смесителя (вывод 11 узла 4) и входу делителя напряжения, входящего в узел 1 (вывод 14.) «Холодные» концы фильтров узла 1 (вывод 13) подключены к выводу 10 узла 4. На вывод 15 узла 1 поступает часть напряжения ГПД (от вывода 14 этого узла), которая через коаксиальный кабель поступает на вход цифровой шкалы (выводы 8 и 9 узла 6).

Измерение частоты ГПД осуществляется в узле 6 с использованием эталонной частоты 5000 кГц, вырабатываемой входящим в этот узел генератором с кварцевой стабилизацией частоты. Сигнал с частотой 5000 кГц снимается с выводов 2, 3 узла 6 и используется в качестве сигнала второго гетеродина приемника-генератора опорной частоты возбудителя. Точная установка частоты 5000 кГц осуществляется с помощью катушки L2, подключенной к выводам 4, 5 узла 6. Выход смесителя узла 4 с вывода 12 этого узла через контакты реле K1 поступает на выводы 1 и 2 узла кварцевых фильтров (узел 7). При остановке SA3 в положение CW срабатывает K1 и сигнал с выхода смесителя поступает в узел 7 на вывод 2 — вход кварцевого фильтра с полосой пропускания 600 Гц, а при установке SA3 в положение SSB K1 обесточено и сигнал с выхода смесителя поступает в узел 7 на вывод 1 — вход кварцевого фильтра с полосой пропускания 2500 Гц. На выходе узла 7 включено реле K2, которое срабатывает при установке SA3 в положение SSB, подключаясь к выходу кварцевого фильтра с полосой 2500 Гц (вывод 3 узла 7). При установке SA3 в положение CW выход K2 подключен к выходу кварцевого фильтра с полосой 600 Гц (вывод 4 узла 7).

От K2 сигнал промежуточной частоты поступает на вход УПЧ приемника, находящегося в узле 8 (вывод 1 этого узла). На выходе УПЧ приемника в узле 8 включен смесительный детектор, напряжение гетеродина на который поступает через вывод 10 узла 8. Регулировка усиления УПЧ приемника осуществляется напряжением, поступающим на вывод 7 узла 8. Напряжения с выхода смесительного детектора снимаются с выводов 8, 9 узла 8 и подаются на вход УЗЧ приемника, находящегося в узле 9 (выводы 1,2). В тракте УЗЧ узла 8 имеется устройство АРУ приемника, вырабатывающее напряжение регулировки усиления УРЧ и УПЧ приемника, снимаемое с вывода 8 этого узла. Регулировка усиления по РЧ (до детектора, в УРЧ и УПЧ) осуществляется управлением устройством АРУ от потенциометра R13,

Таблица 2.13

Диапазон, м	160	80	40	20	15	10
Коэффициент умножения частоты	1	1	2	1	2	2
Частоты задающего генератора, кГц	6830...6930	8500...8650	6000...6050	9000...9350	8500...8725	11 500... ...12 350

подключенного к выводу 7 узла 9. Регулировка усиления по ЗЧ (после детектора) осуществляется потенциометром R12, подключенным к выводам 6 и 1 узла 9. Для измерения силы принимаемых сигналов используется измерительный прибор PA1, подключенный к устройству АРУ через вывод 9 узла 9.

Вывод 17 узла 9 — выход усилителя мощности УЗЧ, к которому постоянно подключен соединитель для телефонов X4. С помощью SA5 к нему может быть подключен встроенный в трансивер громкоговоритель B1.

В режиме передачи при работе телефоном сигнал ЗЧ от микрофона (соединитель X3) поступает на вход усилителя, входящего в состав узла 9 через выводы 13, 14. Усиленный сигнал от микрофона через выводы 1, 2 узла 9 поступает на вход балансного модулятора (при приеме это выход смесительного детектора), находящегося в узле 8 (выводы 8,9).

В узле 8 в режиме передачи работает усилитель ПЧ возбудителя, в который входят кварцевый фильтр, выделяющий сигнал SS B, и усилитель-ограничитель системы сжатия динамического диапазона передаваемого сигнала.

При работе телеграфом ключ, подключаемый к соединителю X2, через вывод 12 узла 9 управляет работой находящегося в узле 9 звукового генератора. Сигнал манипулируемого звукового генератора проходит через узел 8 так же, как и сигнал SSB. Для контроля своей работы в режиме CW напряжение от манипулируемого генератора подается через потенциометр R11 (подключен к выводу 10 узла 9) и резистор R10 на вход УЗЧ приемника.

С выхода узла 8 (вывод 1, являющийся входом этого узла при приеме) сигнал SSB или CW на частоте 5000 кГц подается на кварцевые фильтры узла 7. Как и при приеме, с помощью реле K1 и K2 в режиме SS B используется фильтр с полосой 2500 Гц, а при передаче — фильтр с полосой 600 Гц. Это позволило использовать для формирования сигнала CW генератор с частотой около 800 Гц, удобной для самоконтроля (вторая гармоника этой частоты дает составляющую в спектре сигнала на выходе узла 8, которую не пропустит фильтр узла 7 с полосой 600 Гц). В узле 4 смеситель, используя сигнал ГПД, переносит сформированные на частоте 5000 кГц сигналы на рабочие частоты возбудителя, которые выделяются узлом фильтров частоты сигнала. С выхода этих фильтров сигнал на рабочей частоте поступает в узел 5, где находится работающий в режиме передачи широкополосный усилитель мощности. Усиление этого усилителя регулируется напряжением от потенциометра R3, поступающим на вывод 8 узла 5. Оконечный каскад широкополосного усилителя мощности выполнен на двух мощных транзисторах, включенных по каскодной схеме «заземленный исток — заземленная база». Он подключен к выводам 10, 12, 13 узла 5. При нагрузке 75 Ом (находится в усилителе мощности, подключаемом к соединителю X S 1) широкополосный усилитель мощности возбудителя трнасивера отдает напряжение РЧ до 10 В.

Коммутация трансивера при переходе с приема на передачу (и обратно) осуществляется с помощью реле K3. Это реле включается тумблером SA6 трансивера или контактом педали, которая может быть подключена к соединителю X5.

Реле K3 имеет четыре группы контактов. Группа K3.1 при установке SA2 в положение «расстройка» при передаче переключает управляющее напряжение на варикап ГПД от движка R2 на постоянное напряжение с вывода 3 узла 4.

Группы K3.2 и K3.3 коммутируют выводы 6 и 4 узла 8 на источники напряжений — 24 или +12 В. В узле 8 при этом формируются сигналы управления работой узлов трансивера «r» и «t». Сигнал «r» положителен при приеме и отрицателен при передаче, а сигнал «t» положителен при передаче и отрицателен при приеме. Сигналы «r» и «t» включают и выключают УПЧ приемника и возбудителя в самом узле 8, через выводы 5 и 3 этого узла выдаются на узел 5 (выводы 4,7) для включения и выключения УРЧ приемника и широкополосного усилителя мощности возбудителя и на узел 9 (выводы 4,5) для аналогичного управления УЗЧ этого узла.

Контакты K3.4 через соединитель X6 управляют работой усилителя мощности.

Питание трансивера осуществляется от встроенного источника с силовым трансформатором T1, вырабатывающего напряжения + 24, —24 В, а также стабилизированные +12 и +5 В.

Выпрямитель на диодах VD3, VD4 создает на конденсаторе C17 напряжение около 9 В. Это напряжение понижается стабилизатором на транзисторе VT4 и стабилитроне VD2 до напряжения + 5 В, питающего цифровые устройства узла 6. Резистор R5 гасит это напряжение до значения, необходимого для питания нитей накала люминесцентных цифровых индикаторов, входящих в состав цифровой шкалы.

Выпрямитель на диодах VD5, VD7 создает на конденсаторе C16 напряжение +24 В, а выпрямитель на диодах VD 6, VD 8 — напряжение — 24 В на конденсаторе C18. Оба эти напряжения непосредственно используются для питания узлов трансивера, а напряжение +24 В, кроме того, на стабилизатор, состоящий из транзистора VT3 и стабилизатора VD1, с выхода которого снимается + 12 В — основное напряжение питания всех узов трансивера.

Данные деталей, не входящих в узлы трансивера:

катушка L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 20 мм (провод ПЭВ-2 0,44), число витков (считая от конца, соединенного с выводом 8 узла 4) 3+9, общая длина намотки

15 мм. Эта катушка должна быть изготовлена способом, описанным для катушки L1 схемы рис. 2.12. Катушка L2 намотана на каркасе диаметром 6 мм с подстроечником от СБ-12а (провод ПЭВ-2 0,25)· намотка внавал, ширина секции 6 мм, число витков около 30 и должно уточняться при подгонке частоты генератора на 5000 кГц.

Реле К1 и К2 — высокочастотные типа РПВ2/7, паспорт РС4.521.953 (напряжение питания обмоток 12 В).

Реле К3 типа РЭС-53, паспорт РФ4. 500. 410.01 (напряжение питания обмотки 24 В).

Сетевой трансформатор Т1 должен выдавать на обмотке II 2·7 В при токе 0,5 А, обмотка III — 2×12 В при токе 0,5А. Этот трансформатор может быть намотан на тороидальном магнитопроводе из стали ХВП, наружный диаметр магнитопровода 70 мм, внутренний 40 мм, высота магнитопровода 19,5 мм (три кольца высотой по 6,5 мм). Обмотка I выполнена проводом ПЭВ-2 0,33 и содержит 3000 витков. Обмотки II и III выполнены проводом ПЭВ-20,55 и содержат соответственно 2·100 и 2·300 витков.

2.3.2. Фильтры выхода ГПД

Схема блока выхода ГПД (первый узел трансивера) приведена на рис. 2.42. Эти фильтры на диапазонах 10,15 и 40 м, где используется удвоение частоты в ГПД, двухконтурные, что обеспечивает хорошее подавление первой гармоники частоты задающего генератора. Входными контурами фильтров являются: на диапазоне 10 м — С1 L1, 15 м — С3 L3,20 м — С5L 5, 40 м — С7 L6, 80 м — С9 L8, 160 м — С11L9. Через эти контура подается питание на находящийся в узле 4 транзистор умножителя частоты. Цепь питания блокируется по высокой частоте конденсаторами С13 и С14.

Выходной сигнал ГПД снимается на диапазоне 10 м с контура С2L2, 15 м — с С4L4, 40 м — с С8 L7, а на остальных диапазонах — с резисторов, шунтирующих соответствующие одноконтурные фильтры (R1, R2 и R3).

Подстроечный конденсатор С15 служит для установки амплитуды выходного напряжения ГПД, обеспечивающей нормальную работу цифровой шкалы.

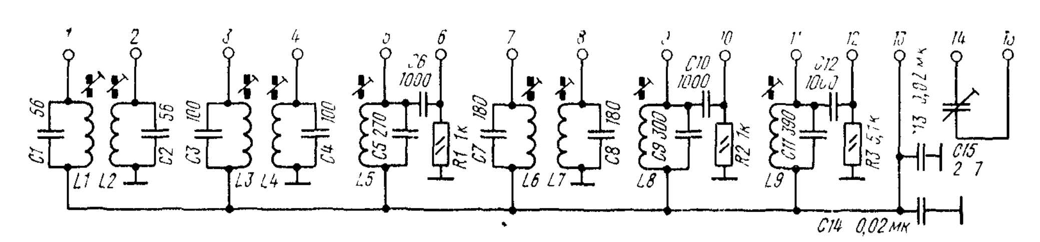


Рис. 2.42. Схема фильтров выхода ГПД

Все катушки узла фильтров ГПД намотаны на каркасах диаметром 9 мм с подстроечниками СЦР-1 (провод ПЭШО 0,44), намотка виток к витку. Связанные катушки (L1 и L2, L3 и L4, L6 и L7) намотаны на общих каркасах. У центральной части каркасов расположены «холодные» выводы катушек. Расстояние между краями связанных катушек 3 мм. Число витков катушек фильтров выхода ГПД:

Катушка	*Число витков*
L1, L2	6
L3, L4	8
L5—L8	10
L9	12

2.3.3. Фильтры частоты сигнала

Схема узла фильтров частоты сигнала (второй узел трансивера) приведена на рис. 2.43. Для обеспечения избирательности по зеркальному каналу на диапазонах 10, 15 и 20 м применены двухконтурные фильтры частоты сигнала, а на остальных диапазонах однокoнтурные фильтры.

Фильтр диапазона 10 м — С1 L1 и L 2С3; диапазона 15 м — С4 L3 и С4С5; 20 м — С6 L5 и L6 С7; 40 м — L7 С8, R1; 80 м — L 8С9R2. На диапазоне 160 м катушкой индуктивности фильтра служит вторичная обмотка трансформатора смесителя, находящегося в узле 4, которая настраивается в резонанс подбором С10 и точной регулировкой С11 и шунтируется резистором R3.

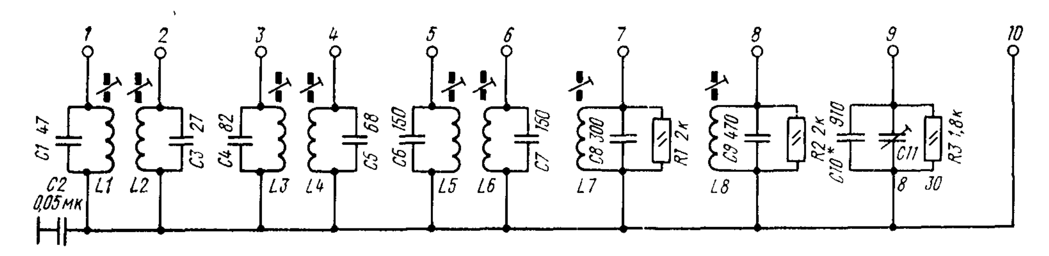


Рис 2.43. Схема фильтров частоты сигнала

Через контур узла фильтров частоты сигнала питается УРЧ приемник, входящий в в узел 5. Эта цепь питания блокируется по высокой частоте конденсатором С2.

Все катушки узла фильтров частоты сигнала намотаны на каркасах диаметром 9 мм с подстроечниками СЦР-1 (провод ПЭШО 0,44), намотка виток к витку. Связанные катушки L1 и L2, L3 и L4, L5 и L6 намотаны на общих каркасах. Соединенные друг с другом концы этих катушек расположены в центральной части каркаса. Расстояние между концами связанных катушек 5 мм. Число витков катушек узла фильтров частоты сигнала:

Катушка	*Число витков*
L1, L2	6
L3, L4	7
L5, L6	8
L7	15
L8	30

2.3.4. Входные контуры приемника

Схема узла входных контуров приемника (третий узел трансивера) приведена на рис. 2.44.

Входные контуры рассчитаны на работу приемника с антенной, имеющей эквивалентное сопротивление около 75 Ом. При использовании трансивера с усилителем мощности, выпол-

Таблица 2.14

Катушка	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Провод ПЭШО	0,44	0,31	0,44	0,31	0,44	0,31	0,44	0,31	0,44	0,31	0,25	0,25
Число витков	6	2	7	2	8	3	15	5	30	10	30	10

ненном по схеме рис. 3.40, обеспечиваются (за счет входящего в состав усилителя мощности усилителя-коммутатора антенны) увеличение чувствительности приемника на диапазонах 10 и 15 м и ее снижение на диапазонах 40, 80 и 160 м. Сильная связь антенны с входными контурами приемника трансивера обеспечивает их широкополосность так, что эти кон-

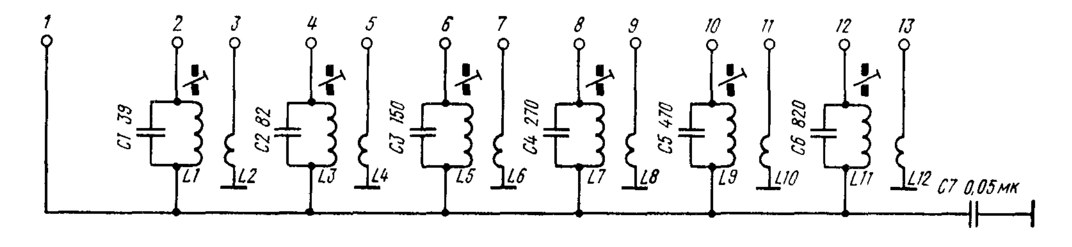


Рис 2.44. Схема входных контуров приемника

тура при перестройке внутри каждого диапазона не подстраиваются. Возникающее в результате снижение чувствительности приемника по краям диапазонов на 10... 20 % практически незаметно. Входную цепь диапазона 10 м образуют катушка связи L2 и контур L1C1, диапазона 15 м — L4 и L3C2, 20 м — L6 и L5 C3, 40 м — L8 и L7C4, 80 м — L10 и L9 C5, 160 м — L12 и L11C6. Через контурные катушки узла 3 подается питание иа диод, шунтирующий входные цепи приемника в режиме передачи (этот диод находится в узле 5). Конденсатор C7 блокирует по высокой частоте цепь питания шунтирующего входные контура диода.

Все катушки узла входных контуров приемника намотаны на каркасах диаметром 8 мм с подстроечниками СЦР-1, намотка виток к витку. Катушки связи намотаны вплотную к «холодным» концам контурных катушек. Остальные данные катушек узла 3 приведены в табл. 2.14.

2.3.5. ГПД и смеситель

Схема узла ГПД и смесителя (четвертый узел трансивера) приведена на рис. 2.45.

Задающий генератор ГПД собран по трехточечной схеме (катушка контура генератора включена «горячим» концом к выводу 6, отводом к выводу 7 и «холодным» концом к выводу 8 узла 4) на полевом транзисторе VT1. Диод VD3 стабилизирует режим работы транзистора VT1, не допуская протекания тока через управляющий р-п переход этого транзистора. Отрицательное смещение на затворе VT1 образуется пиковым детектором, выполненным на элементах C3, R5 и VD3.

Через подбираемый по емкости конденсатор C2 параллельно контуру задающего генератора включен варикап VD1. Управляющее напряжение на варикап подается через резистор R4 от конденсатора C1 большой емкости (100 мкФ). Большая емкость C1 необходима для нормальной работы системы стабилизации частоты ГПД от цифровой шкалы (см. ниже) и одновременно гарантирует отсутствие в цепи управления варикапом наводок переменного тока (например, с частотой сети).

Следующий за задающим генератором каскад — истоковый повторитель на транзисторе VT2. Питание VT1 и цепи подачи смещения на затвор VT2 осуществляется от дополнительного стабилизированного (подключенного к источнику уже стабилизированного напряжения + 12 В) напряжения + 10 В. Это напряжение стабилизировано цепью R6, VD2. От напряжения с двойной стабилизацией + 10 В питается и делитель напряжения R1, R2, R3, с которого снимаются напряжения на варикап при работе без стабилизации частоты — к выводам 2,3 подключен потенциометр управления расстройкой, а вывод 3 используется как источник фиксированного управляющего напряжения.

К выходу истокового повторителя подключен усилитель — удвоитель частоты, собранный на биполярном транзисторе средней мощности VT3. Через резистор R12 подается напря-

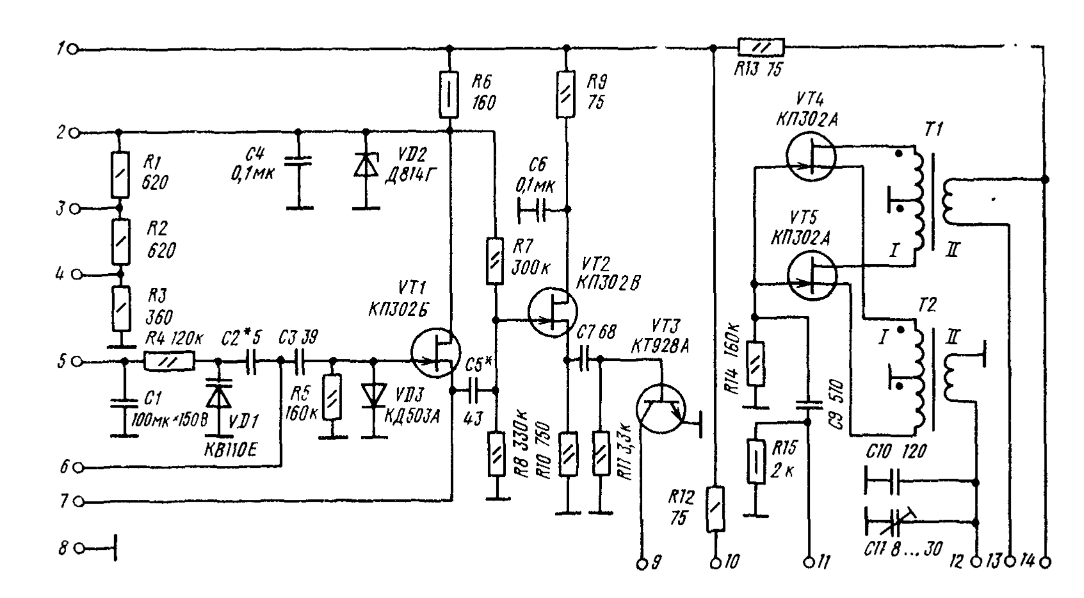


Рис. 2.45. Схема ГПД и смесителя

жение питания на входные контуры фильтров выхода ГПД   питание цепи коллектора VT3. Через резистор R13 питаются фильтры частоты сигнала.

Смеситель собран по балансной схеме на полевых транзисторах VT4 и VT5, которые работают в этом устройстве как управляемые сопротивления. Напряжение от ГПД подается синфазно на затворы этих транзисторов. Благодаря детектирующему действию p-n переходов этих транзисторов на резисторе R14 образуется «следящее» за амплитудой напряжения от ГПД отрицательное смещение. Резистор R15 является нагрузкой фильтров выхода ГПД и обеспечивает необходимую ширину полосы пропускания этих фильтров. Примененное в узле 4 устройство смесителя является полностью обратимым. Оно одинаково работает как при подаче принимаемого сигнала на трансформатор T1 и снятии сигнала ПЧ с трансформатора T2, так и при подаче сформированного на ПЧ сигнала на трансформатор T2 и снятии сигнала рабочей частоты с трансформатора T1.

Так как VT4 и VT5 к тракту ПЧ и фильтрам частоты сигнала подключены противофазно, напряжение ГПД не выделяется на выходе смесителя. При работе на прием этим выходом является T2, подключенный к входу УПЧ, и достигается подавление шумов гетеродина.

При работе на передачу выходом смесителя является T1, подключенный к фильтрам частоты сигнала, на которых не выделяется сигнал ГПД (в обычных, не балансных, смесителях полное подавление сигнала ГПД на выходе смесителя передатчика является сложной задачей). Выходная обмотка T2 настроена на частоту ПЧ (5000 кГц) конденсаторами C10 и C11. Оба трансформатора смесителя T1 и T2 — одинаковые. Они намотаны на тороидальных магнитопроводах ВЧ30 12×6×4 мм. Перед намоткой магнитопровод надо покрыть 2 раза слоем клея БФ-6. Обмотка I выполняется двумя скрученными (один оборот проводов друг вокруг друга на длине 5 мм) проводами ПЭШО 0,25, число витков — 4. Начало первого провода соединяется с концом второго, образуется заземляемый отвод первичной обмотки (таким образом, образуется обмотка 2×4 витка). Обмотка I распределяется равномерно по сектору 90° окружности сердечника. Оставшийся сектор равномерно заполняется обмоткой II, которая выполняется проводом ПЭШО 0,44 и содержит 16 витков.

2.3.6. Усилители радиочастоты

Схема усилителей радиочастоты (пятый узел трансивера) приведена на рис. 2.46. Диод VD1 служит для шунтирования входа приемника при передаче. Через резистор R1 и контур узла 3 на этот диод подается при приеме от контактов реле K3.3 (рис. 3.41)— 24, В, и он надежно закрыт. При передаче на R1 подается от K3.3+24 В и через VD1 течет ток около 10 мА, при котором сопротивление этого диода переменному току становится меньшим 100 Ом и вход приемника оказывается практически закороченным на корпус.

В качестве активного элемента УРЧ приемника используется полевой транзистор с двумя затворами VT1 типа КП350Б. Применение более мощного транзистора в УРЧ приемника не имеет смысла: линейность смесителя по напряжению на выводе 13 узла 4 около 1 В (до такого входного напряжения не возникают нелинейные явления в смесителе, при которых появляются в его выходном сигнале комбинационные составляющие, снижающие реальную избирательность приемника). Коэффициент усиления УРЧ от вывода 3 узла 5 до вывода 13 узла 4 около 10, так что нелинейные явления в смесителе возникнут при напряжении на первом затворе VT1 узла 5 более 0,1 В. А до таких напряжений КП350Б при

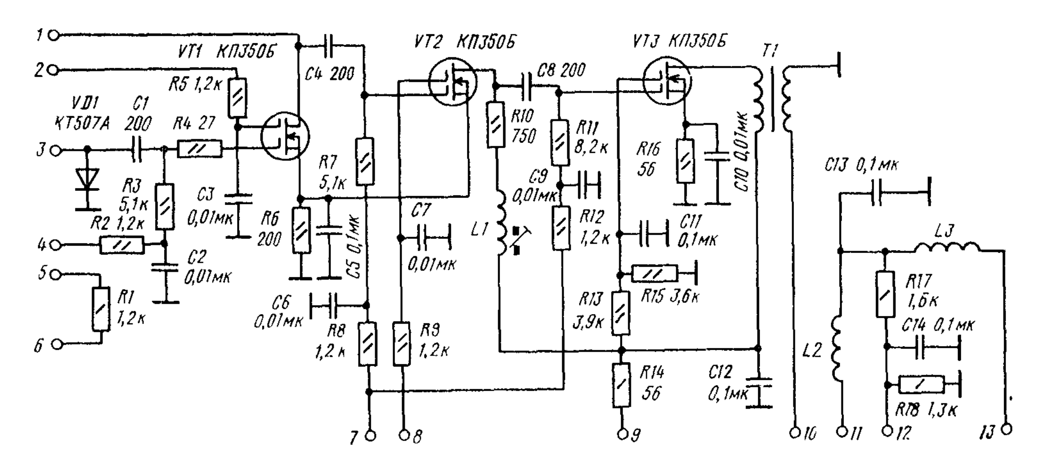


Рис. 2.46. Схема усилителя радиочастоты

токе через его канал около 10 мА достаточно линеен. Рабочий режим VT1 устанавливается подачей на первый затвор напряжения положительного смещения «г» (около 2,5 В) и на второй затвор напряжения регулировки усиления (измеяется от 0,5 до 5 В). В режиме передачи на вывод 4 поступает отрицательное напряжение «г» (около — 5 В) и VT1 надежно закрывается.

В режиме передачи в узле 5 работает двухкаскадный усилитель напряжения сигнала возбудителя на транзисторах VT2 и VT3. Управление их включением при передаче и закрыванием при приеме осуществляется по первым затворам напряжением «t» (2,5 В при передаче и — 5 В при приеме). Для коррекции частотной характеристики этого усилителя в районе частот выше 21 МГц служит катушка L1, которая резонирует с емкостями транзисторов VT2 (выходная) и VT3 (входная) на частоте около 25 МГц так, что общее усиление широкополосного УРЧ возбудителя оказывается одинаковым на всех диапазонах.

В цепь стока VT3 включен трансформатор, обеспечивающий передачу усиленного сигнала на затвор полевого транзистора каскодного усилителя мощности (рис. 2.1). Питание каскодного усилителя мощности осуществляется напряжением 24 В через фильтр L2C13. L3 — дроссель питания цепи коллектора биполярного транзистора каскодного усилителя мощности. Смещение на заземленную по высокой частоте базу этого транзистора снимается с делителя напряжения R17, R18.

Катушка L1 — намотана на каркасе диаметром 6 мм с подстроечником от СВ-12а (провод ПЭВ-2 0,25), намотка виток к витку, чило витков 20. Дроссель L2 — стандартный типа Д-0,3 (на ток 0,3 А) с индуктивностью 10 мкГ. Дроссель L3 — аналогичная индуктивность Д-0,3 24 мкГ.

Трансформатор Т1 намотан на тороидальном ферритовом магнитопроводе 30 ВЧ 10 × × 6×4 мм. Обмотка выполнена двумя скрученными проводами МТТФ сечением 0,07 мм^2, число витков 15 (т. е. образуются две обмотки по 15 витков в каждой).

2.3.7. Цифровая шкала и система стабилизации частоты ГПД

В рассматриваемом трансивере индикация частоты, на которой производится прием и передача, осуществляется с помощью цифрового измерителя частоты, или, как принято иазывать такое устройство радиолюбителями, цифровой шкалы.

Преимущество цифровой шкалы перед ранее применявшимися механическими шкалами различных конструкций (включая и фотошкалы) в том, что она всегда показывает истинное (с точностью, определяемой стабильностью входящего в его состав эталонного генератора с кварцевой стабилиазацией частоты) значение, которое может меняться при уходе частоты ГПД, использовании «расстройки». Цифровая шкала рассматриваемого трансивера имеет дискретность отсчета частоты 1 кГц — значение, практически недостижимое для механической шкалы, изготовлениой в радиолюбительских условиях. При такой дискретности отсчета, если не устанавливать частоту трансивера на крайние значения частот разрешенных диапазонов (например, при работе на диапазоне 160, 1830 и 1930 кГц), гарантируется невозможность выхода за пределы любительского диапазона.

Появление доступных радиолюбителям цифровых быстродействующих микросхем с повышенной степенью интеграции позволило создать цифровую шкалу, сложность и стоимость изготовления которой не превышают сложности и стоимости изготовления хорошей механической шкалы. Большим достоинством цифровой шкалы для радиолюбительской конструкции является и то обстоятельство, что стандартные красивые цифровые индикаторы значительно улучшают внешний вид трансивера.

Принцип действия цифровой шкалы поясняет ее структурная схема, приведенная на рис. 2.47.

На вход цифровой шкалы поступает синусоидальное напряжение от ГПД, которое при фиксированном значении ПЧ и определяет частоту, на которой осуществляются прием и передача (включая и случай, когда включена расстройка). Формирователь импульсов преобразует синусоидальное напряжение с выхода ГПД в последовательность коротких импульсов, частота следования которых равна частоте ГПД-U1. На рис. 2.48 приведены осциллограммы этого и других напряжений, указанных на рис. 2.47.

Генератор импульсов эталонной длительности в соответствии со своим наименованием вырабатывает импульсы, длительность которых поддерживается постоянной и известна с большой точностью. Эти импульсы подаются на устройство управления, которое вырабатывает три сдвинутых во времени импульса — импульс интервала счета U_2, импульс обнуления счетчика U4 и импульс записи результата счета — в устройство его хранения U5. Импульсы U1 и U2 подаются на устройство совпадения, и на его выходе формируется пакет импульсов U3. Предположим сначала для простоты рассмотрения работы устройства, что длительность импульса U2 (интервал времени от t_1 до t_2, рис. 2.48) равна 1 с. Тогда число импульсов в пакете U3 будет равно числу герц частоты ГПД f_x. Импульс U3 поступает на вход счетчика, на выходе которого формируется цифровой код числа импульсов, поступивших на счетчик после его обнуления В момент t_1 счетчик обнулен, и к моменту t_2 меняющийся в те-

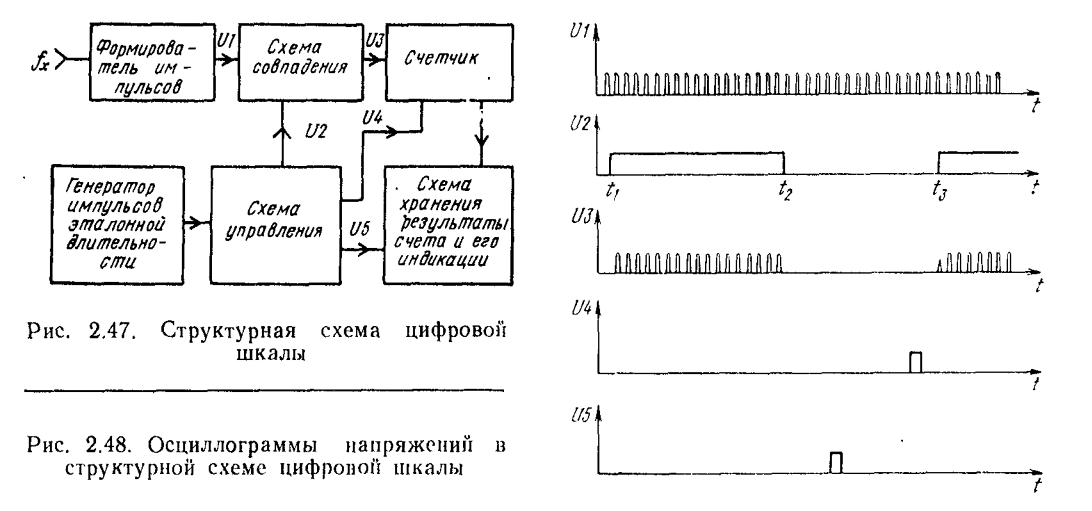


Рис. 2.47. Структурная схема цифровой шкалы

Рис. 2.48. Осциллограммы напряжений в структурной схеме цифровой шкалы

чение времени от t_1 до t_2 цифровой код на его выходе равен числу герц измеряемой частоты f_x.

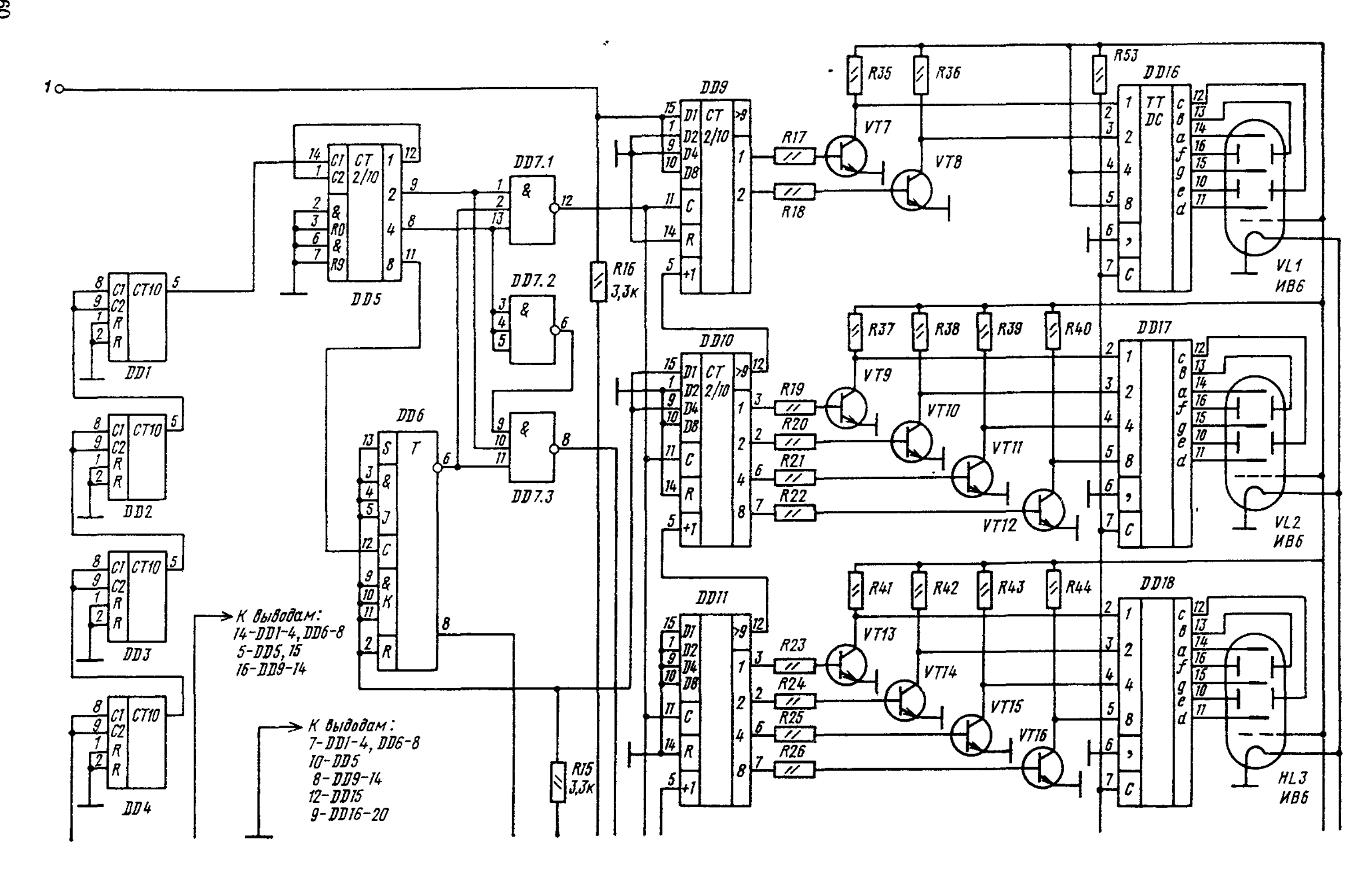
Цифровой код f_x поступает в устройство хранения результата счета и его индикации. На это же устройство поступает импульс записи U5. Этот импульс, как видно из рис. 2.48, вырабатывается в интервале t_2 — t_3 до начала расположенного в этом же интервале импульса обнуления счетчика U4. Поэтому в устройстве хранения результатов счета оказывается записанным значение f_x, которое было в отрезке времени от t_1 до t_2. После окончания импульса U2, начавшегося в момент t_3, результат счета обновится. Цифровое значение измеренной частоты преобразуется в напряжения, поступающие на электроды цифровых индикаторов, и считывается оператором Рассматривая работу цифровой шкалы, мы приняли длительность импульса U2 равной 1 с. В этом случае точность отсчета частоты равна 1 Гц. Но даже если интервал t_2 — t_3 будет значительно меньше 1 с, период обновления показаний цифровой шкалы будет немного больше 1 с. Для упрощения устройства управления удобно взять интервал между импульсами U2 равным их длительности. В этом случае время обновления показаний шкалы будет 2 с. При работе с такой шкалой очень неудобно определять текущее значение частоты в процессе перестройки трансивера. Но ведь точность отсчета частоты 1 Гц для любительской радиосвязи не нужна. Поэтому можно уменьшить период обновления показаний цифровой шкалы за счет уменьшения точности ее определения. Действительно, если длительность импульса U2 уменьшить до 0,1 с, число импульсов в пачке U3 станет равно числу десятков Гц, которое и может быть определено цифровой шкалой. При простом устройстве управления время обновления информации будет 0,2 с. При точности 100 Гц время обновления показаний 0,02 с и т. д.

Полная схема цифровой шкалы (узел 6 трансивера) приведен на рис. 2.49. Формирователь импульсов собран на транзисторах VT4 — VT6. Сравнительно сложная схема формирователя импульсов нужна потому, что кроме своего основного назначения — превратить синусоидальное напряжение от ГПД, поступающее на выводы 8, 9, в последовательность импульсов, с которыми работают цифровые схемы, — он должен обеспечить изоляцию ГПД от цифровой шкалы. Это объясняется следующим: быстродействующие цифровые схемы, работающие в шкале, вырабатывают большое число импульсов с различной длительностью, и у всех этих импульсов очень крутые фронты, а следовательно, широкий спектр частот. Если эти спектры попадут в ГПД, то создадут большое число ложных каналов приема и излучения, да и сами будут слышны как шумы во всех диапазонах и как «попискивающие» с тактом работы шкалы сигналы на отдельных точках в этих диапазонах.

Первый каскад формирователя собран на полевом транзисторе с двумя затворами, имеющем очень маленькую проходную емкость. Следующий за этим каскадом эмиттерный повторитель благодаря своему низкому выходному сопротивлению обеспечивает малый уровень наволок на резисторе R13. Кроме того, сочетание высокой крутизны характеристики VT4 с большим входным сопротивлением каскада на VT5 обеспечивает достаточно большое (около 5) усиление от вывода 8 до точки соединения R13 и C8.

Каскад на VT6, питаемый тем же напряжением, что и микросхемы цифровой шкалы, формирует импульсы с амплитудой, близкой к значению этого питающего напряжения, что и необходимо для нормальной работы цифровых устройств.

Основным устройством цифровой шкалы является генератор частоты 5000 кГц, собранный на полевом транзисторе VT3. Частотозадающим элементом этого генератора является



1
DD1
DD2
DD3
DD4
CT10
DD5
CT 2/10
DD6
T
DD7.1
DD7.2
DD7.3
DD9
DD10
DD11
DD16
TT DC
DD17
DD18
R15 3,3к
R16 3,3к
R17
R18
R19
R20
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R35
R36
R37
R38
R39
R40
R41
R42
R43
R44
R53
VT7
VT8
VT9
VT10
VT11
VT12
VT13
VT14
VT15
VT16
VL1 ИВ6
VL2 ИВ6
HL3 ИВ6
К выводам:
14-DD1-4, DD6-8
5-DD5, 15
16-DD9-14
К выводам:
7-DD1-4, DD6-8
10-DD5
8-DD9-14
12-DD15
9-DD16-20

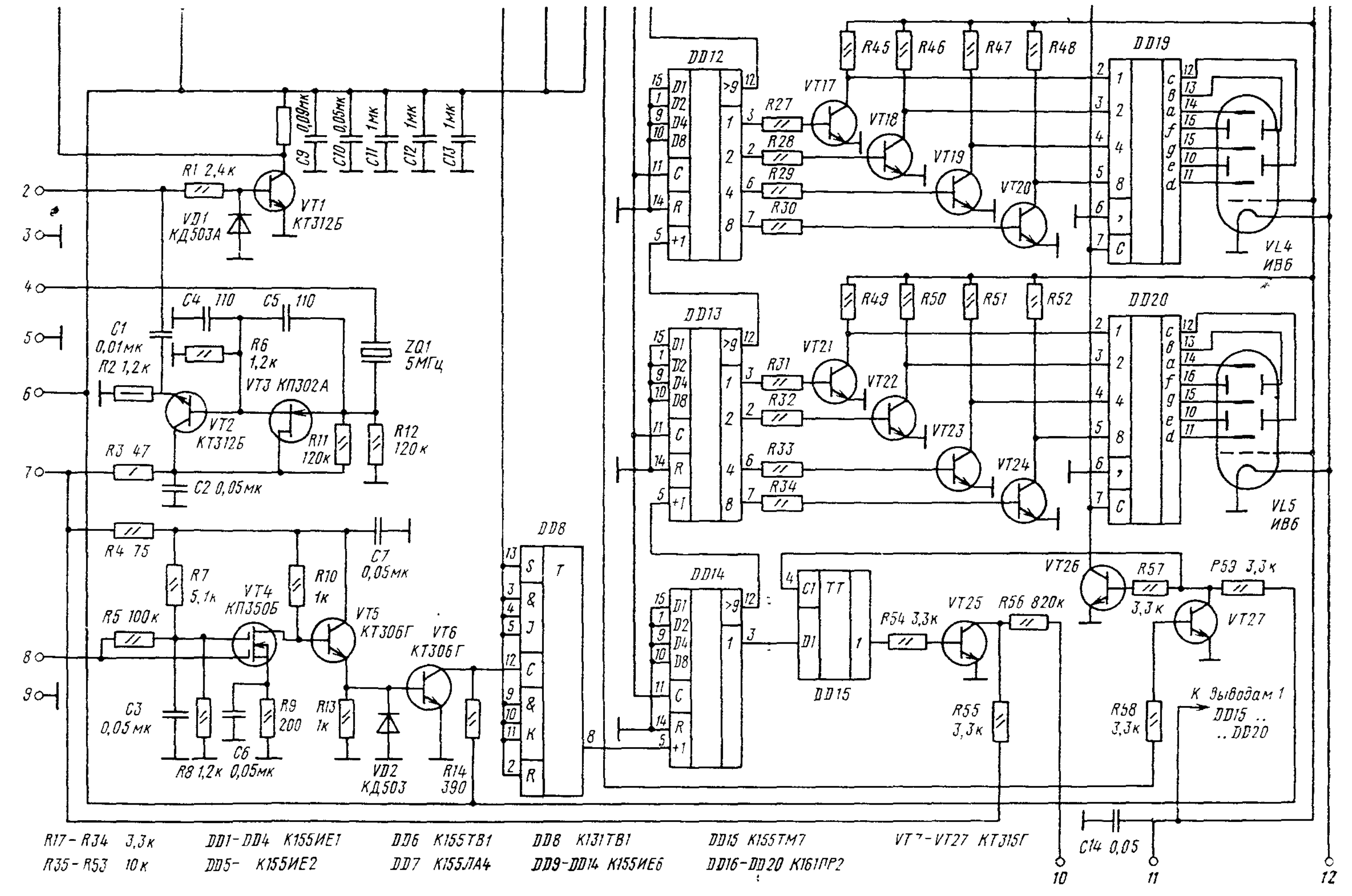


Рис. 2.49. Схема цифровой шкалы

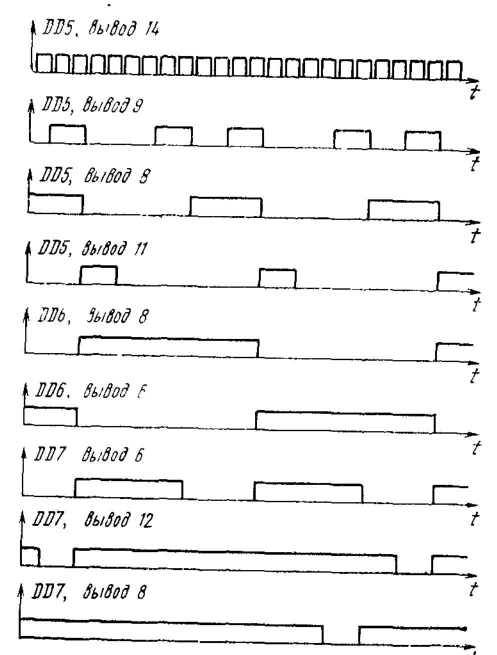


Рис. 2 50. Осциллограммы напряжений в устройстве управления цифровой шкалы

высокостабильный кварцевый резонатор ZQ1. В реальных условиях работы трансивера любительской радиостанции (при нормальной комнатной температуре и отсутствии в трансивере источников выделения тепла, способных заметно изменить температуру кварцевого резонатора) относительный уход частоты генератора на VT3 не превышает $10\cdot10^{-6}$. Это обеспечивает абсолютную точность работы цифровой шкалы на самом высокочастотном диапазоне трансивера $\Delta f = 28\cdot10^6\cdot10^{-6} = 280$ Гц. Полученные значения и определяют целесообразность дискретности отсчета частоты 1 кГц. Переход на дискретность 100 Гц без термостатирования кварцевого резонатора не дает необходимой точности.

Напряжение с частотой 5000 кГц снимается с генератора на VT3 через эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе VT2, и поступает на смесительный детектор — балансный модулятор трансивера чрез вывод 2 и на формирователь импульсов с частотой повторения 5000 кГц, собранный на транзисторе VT1. Этот каскад аналогичен формирователю импульсов измеряемой частоты на VT6, описанному выше.

Импульсы частоты 5000 кГц с уровнями, обеспечивающими работу цифровых устройств, поступают на вход цепей делителей частоты DD4, DD3, DD2 и DD1. Каждая и этих микросхем — декадный счетчик К155ИЕ1, вырабатывающий импульс на выходе после поступления на его вход каждого десятого импульса. Таким образом, на выходе DD4 импульсы следуют с частотой повторения 500 кГц, на выходе DD3 50 кГц, на выходе DD2 5 кГц и на выходе DD1 500 Гц.

Импульсы с частотой 500 Гц поступают на микросхему DD5 — К155ИЕ2, которую по схеме рис. 3.47 следует отнести к схеме управления цифровой шкалы. DD5 содержит два счетчика с коэффициентами деления частоты на 2 (от входа 14 к выходу 12) и на 5 (от входа 1 к выходу 11). Эти счетчики включены последовательно, образуя еще один делитель частоты на 10 так, что на выходе 11 DD5 образуются импульсы, следующие с частотой 50 Гц. При подсчете числа импульсов, поступающих на вход DD5, на ее выводах *9* и *8* образуются значения соответственно первого и второго разрядов двоичного числа текущего значения импульсов на вт входе 14. Осциллограммы напряжений на выводах DD5 приведены на рис. 3.50. Импульсы с частотой повторения 50 Гц поступают на счетный вход триггера типа К155ТВ1 — вывод 12 DD 6. На выводе 8 этой микросхемы образуются импульсы, длящиеся от начала импульса, поступающего на счетный вход, до начала следующего импульса на этом входе, т. е. импульсы длительностью 1:50 Гц — 0,02 с. Этот импульс, приведенный на рис. 2.50, является импульсом интервала счета U2 (рис. 2.48).

Импульсы обнуления счетчика и импульс записи результата счета (соответственно U4 и U5, рис. 2 48) формируются следующим образом.

На трехвходовый элемент «И—НЕ» DD7.1, входящий в микросхему К155ЛА4, подаются: инвертированный импульс интервала счета с вывода 6DD 6, «двойки» и «четверки» с выводом 9 и 8 DD5. При совпадении всех трех этих импульсов на выходе DD7.1 образуется логический 0. Как видно из рис. 2.50, на выходе DD7.1 формируется отрицательный импульс перед началом интервала счета, который используется в качестве импульса обнуления счетчика.

На входы DD7.3 подаются импульс с вывлда 9 DD5 и инвертированный микросхемой DD7.2 импульс с вывода 8 DD5. В результате на выходе DD7.3 формируется отрицательный импульс, расположенный между концом импульса счета и началом импульса обнуления счетчика, который используется в качестве импульса записи результата счета.

Таким образом, микросхемы DD5, DD6 и DD7 образуют устройство управления, вырабатывающее все 3 импульса U2, U4, U5, показанные на рис. 3.48.

Подсчет числа импульсов осуществляется цепью двоично-десятичных счетчиков DD9—DD14 типа К155ИЕ6. Практически эти счетчики уверенно работают на частотах до 15 000 кГц. Так как высшая частота ГПД равна 24 700 кГц, между входом цепи счетчиков (вывод 5DD14) и выходом формирователя импульсов измеряемой частоты (коллектор VT6) включен быстродействующий триггер со счетным входом DD8 типа К131ТВ1, практически уверенно работающий до частоты 30 000 кГц. Разрешение на работу этого триггера произво-

дится импульсом интервала счета так, что DD8 кроме функции снижения в 2 раза измеряемой частоты выполняет и функции устройства совпадения.

Понижение в 2 раза частоты импульсов на входе счетчика компенсируется увеличением в 2 раза длительности интервала счета, и первая микросхема цепи счетчиков DD14 подсчитывает число сотен герц (для подсчета сотен герц нужна длительность интервала счета 0,01 с, а у нас эта длительность равна 0,02 с). Следующая микросхема цепи счетчиков DD13 подсчитывает число единиц килогерц частоты ГПД и т. д. до DD9, котороя подсчитывает число десятков килогерц частоты ГПД.

Поскольку цифровая шкала должна показывать не частоту ГПД, а частоту принимаемого (или передаваемого) трансивером сигнала, в схеме шкалы осуществляется учет значения промежуточной частоты 5000 кГц с помощью использования предусмотренной в микросхемах К155ИЕ6 предварительной установки счетчиков.

На диапазонах 10, 15 и 20 м частота сигнала

$$f_c = f_{ГПД} + 5000 \text{ (кГц)},$$

а на диапазонах 40, 80 и 160 м

$$f_c = f_{ГПД} - 5000 \text{ (кГц)}.$$

Вывод 1 (рис. 3.49) соединен с S A1...8 (рис. 3.41). На диапазонах 10, 15 и 20 м этот вывод оказывается соединенным с корпусом; на выводы 15 и 10 микросхемы DD9, как и на остальные выводы предварительной установки этого счетчика 1 и 9, поступает логический 0 (напряжение низкого уровня), и счет импульсов в DD9 начинается с числа 0. На выводы 15 и 9 предварительной установки счетчика единиц мегагерц DD10 постоянно подано положительное напряжение логической 1 (напряжение высокого уровня; 5В через резистор R15), а остальные выводы предварительной установки DD10, как и все выводы этого назначения остальных счетчиков К155ИЕ6, соединены постоянно с корпусом. Поэтому на высокочастотных диапазонах подсчет числа импульсов частоты ГПД начинается с 5000 кГц и показания шкалы равны сумме этого числа с частотой ГПД.

На диапазонах 40, 80 и 160 м на выводы 15 и 10 DD9 подается положительное напряжение через R16 и подсчет числа импульсов начинается с 95 000 кГц. После подсчета 50 000 импульсов в цепи счетчиков образуется число 0000,0 кГц, так что на низкочастотных диапазонах показания шкалы равны разности частоты ГПД и 5000 кГц.

Так как частоты ГПД и входящего в состав цифровой шкалы генератора 5000 кГц несинхронны, число импульсов, подсчитанное микросхемой DD14, определяемое положением пачки подсчитываемых импульсов в интервале счета, неустойчиво и от одного интервала счета к другому при постоянстве частоты ГПД может изменяться на 1. Это видно из рис. 3.48 на осциллограмме напряжения U3: первый из подсчитываемых после момента $t_з$ импульс совпал с фронтом U2, и его уровень может оказаться между уровнями, соответствующими логической 1 и логическому 0. Поэтому, как это обычно делается в цифровых шкалах, первый из цепи счетчиков не соединяется с устройством хранения результатов счета и его индикации. Число импульсов, подсчитываемое счетчиком числа единиц килогерц DD13, определяется только старшим разрядом двоичного числа, подсчитанного DD14, так что вероятность неустойчивости числа, снимаемого с DD13, в 10 раз меньше этой вероятности у DD14.

В качестве устройств хранения результатов счета и его индикации использованы преобразователи двоично-десятичного кода DD16—DD20 типа К161ПР2 и семисегментные люминесцентные индикаторы VL1 — VL5 типа ИВ6.

Микросхемы К161ПР2 включают в свой состав устройство хранения некоторых разрядов двоичного числа, запись информации в которое осуществляется по импульсу, поступающему на вывод 7 этих микросхем.

К181ПР2 — это микросхемы с МОП-структурой (требуют осторожного обращения, так как могут быть легко выведены из строя зарядами статического электричества), которые предназначены для работы с отрицательным напряжением питания, подаваемым на их вывод 9. В нашей схеме этот вывод соединен с корпусом, а на другой вывод питания микросхем К161ПР2—вывод 1—подано напряжение +24 В. Сопряжение микросхем серии К156 с ТТЛ логикой (логическая 1: 3...5 В, логический 0:0...1 В) с микросхемами серии К161 (логическая 1 — минус 24 В, логический 0 — 0 В) выполнено с помощью инверторов на транзисторах VT7 — VT24 и VT26, коллекторные цепи которых питаются напряжением + 24 В. Так как устройство управления вырабатывает отрицательный импульс записи информации, а на вход VT26, выдающего этот импульс на микросхемы DD16—DD20, надо подать положительный импульс, между выводом 8 DD7.3 и базой VT26 включен инвертор, собранный на транзисторе VT27, коллектор которого питается напряжением + 5 В.

Так как число десятков мегагерц частоты трансивера может быть равным только 0,2 и 1 (при «запасе» по частоте на диапазоне 10 м еще и 3), на дешифратор числа десятков мегагерц DD16 поданы от DD 9 только «единицы» и «двойки», что экономит два транзистора и четыре резистора.

«Неиндицируемый» счетчик числа сотен через DD14 используется для обеспечения работы системы стабилизации частоты ГПД. Сигналом о необходимости подстройки частоты задающего генератора служит переход от нечетного к четному числу сотен герц. Для формирования этого сигнала «единица» с вывода 3 DD14 (она присутствует при нечетном числе подсчитанных сотен герц и отсутствует при их нечетном числе) поступает на элемент памяти — D—триггер DD15. Запись в этот элемент производится, как и в память микросхем DD16—DD20, по импульсу, снимаемому с коллектора VT27.

Если частота на выходе ГПД превышает какое-либо значение числа с нечетным числом сотен герц, но меньше следующего значения числа (уже с четным значением сотен герц), равна 9100, 35 кГц, то на выводе 16 DD15 будет положительное напряжение, которое откроет транзистор VT25. Потенциал на коллекторе VT25 станет близким к нулю, и начнется разряд конденсатора C1 в ГПД (рис. 2.45) через контакты SA2 (рис. 2.41, SA2 в положении «стаб.») и резистор R56 рассматриваемого устройства цифровой шкалы. Частота ГПД начнет уменьшаться. Как только она станет меньше значения с нечетным числом сотен герц (в нашем примере — 9100,29 кГц), «единица» на выходе 16 DD15 пропадет, VT25 закроется и напряжение на его коллекторе станет равным +12 В. Конденсатор C1 в ГПД начнет заряжаться до перехода частоты ГПД через число с нечетным значением сотен герц, и частота ГПД будет удерживаться у этого значения (в нашем примере будет стабилизирована частота ГПД 9100, 3 кГц, т е. трансивер будет работать на фиксированной частоте 14 100, 3 кГц).

Если при включении режима стабилизации частота ГПД окажется между значениями с четным и нечетным числом сотен герц (например, 9100, 41 кГц), то «единица» на выходе 16DD 15 отсутствует и частота ГПД начнет повышаться до превышения величины с нечетным значением числа сотен герц (в нашем примере до 9100, 5 кГц). Таким образом система стабилизации удерживает частоту ГПД у значений с нечетным числом сотен герц. Проверка реального устройства показала, что при включении режима стабилизации частота трансивера удерживается у фиксированных значений с шагом 200 Гц с отклонением не более — 10 Гц на всех диапазонах.

При включении системы стабилизации частоты и перестройке трансивера конденсатором «настройка» (C13 на рис. 2.41) после прекращения вращения ручки управления частота настройки в течение 1 ... 2 с приближается к ближайшему значению частоты с нечетным числом

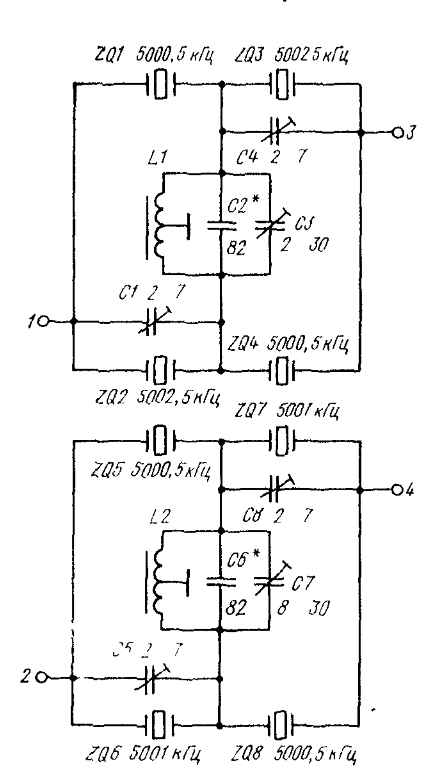


Рис 2.51. Схема кварцевых фильтров

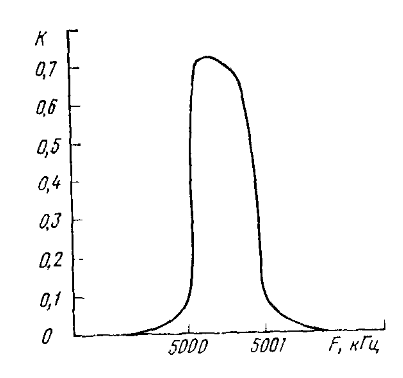


Рис. 2.52. Частотная характеристика фильтра CW

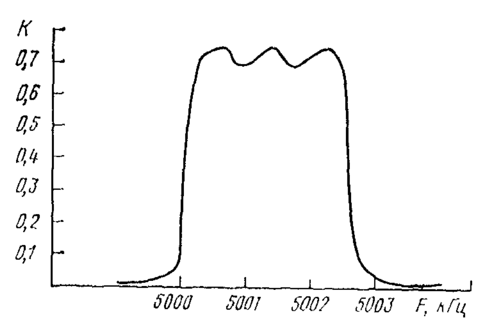


Рис 2.53. Частотная характеристика фильтра SSB

сотен герц. В самом неблагоприятном случае изменение частоты после прекращения настройки составит 100 Гц. Практическая работа с трансивером показала, что в режиме стабилизации частоты обеспечивается удобная настройка на корреспондентов, работающих как в режиме CW, так и в режиме SSB.

2.3.8. Кварцевые фильтры

Схема кварцевых фильтров (узел 7 трансивера) приведена на рис. 2.51.

В трансивере применены отдельные фильтры для работы CW и SSB. Оба фильтра собраны по мостовой схеме. Частотные характеристики фильтров, снятые при внутреннем сопротивлении источника сигнала и сопротивлении нагрузки, равными 2 кОм, приведены на рис. 2.52 и 2.53. Ослабление сигнала каждым фильтром в полосе пропускания около 3 дБ, неравиомерность тестовой характеристики в полосе пропускания около 1 дБ.

Катушки L1 и L2 фильтров одинаковые, они намотаны на тороидальных магнитопроводах из материала 50ВЧ—12×6×4 мм. Намотка выполнена двумя скрученными проводами ПЭШО 0,25, которыми выполнено 16 витков, равномерно распределенных в секторе 300° Начало первого провода соединено с концом второго, образуя отвод, соединенный с корпусом. Таким образом, в L1 и L2 содержится по 2×16 витков.

2.3.9. Тракт промежуточной частоты

Схема тракта ПЧ (узел 8 трансивера) приведена на рис. 2.54.

При приеме транзисторы VT1, VT3 и VT5 закрыты. Сигнал ПЧ поступает на контур L1C2C3, настроенный на 5000 кГц, и на первый затвор транзистора VT2, работающего в первом каскаде усиления ПЧ.

Регулировка усиления осуществляется изменением напряжения на втором затворе VT2. Нагрузкой первого каскада усиления ПЧ является настроенный на 5000 кГц контур L2C13C14. Диоды VD1 и VD2, подключенные по высокой частоте параллельно этому контуру, влияния на работу приемника не оказывают, так как амплитуда сигнала ПЧ на стоке VT2 не превышает напряжения смещения, закрывающего VD1 и VD2.

Второй каскад усиления ПЧ приемника выполнен на транзисторе VT4, нагрузкой которого является контур L3C26C27.

Третий каскад усиления ПЧ приемника выполнен на транзисторе VT6, нагрузкой которого является кварцевый фильтр с полосой пропускания 2,5 кГц, идентичный фильтру SS B в узле кварцевых фильтров. Применение кварцевого фильтра на выходе усилителя ПЧ приемника сужает полосу, а следоватетельно, и мощность шумов, поступающих на детектор.

Смесительный детектор приемника выполнен по схеме, идентичной смесителю узла 4 (рис. 2.45), на полевых транзисторах VT7 и VT8.

Обратимость смесителя на VT7 и VT8 позволила использовать его в качестве балансного модулятора в режиме передачи. На настроенной конденсаторами C41 и C42 на частоту 5000 кГц вторичной обмотке T1 в режиме передачи выделяется сигнал с двумя боковыми полосами и подавленной несущей частотой. Кварцевый фильтр при частоте формирования сигнала 5000 кГц пропускает только верхнюю боковую полосу (рис. 3.53), так что на его выходе выделяется сигнал SSB с верхней боковой полосой. При передаче транзисторы VT6, VT4 и VT2 закрыты. Транзистор VT5 работает в первом каскаде усиления сигнала ПЧ передатчика. Нагрузкой этого каскада служит контур L3C26C27. Второй каскад усиления ПЧ передатчика выполнен на транзисторе VT3. Общее усиление двух каскадов ПЧ передатчика на транзисторах VT5 и VT3 обеспечивает усиление сигнала SSB, поступающего с кварцевого фильтра на первый затвор VT5, до 15 В на стоке VT3. Однако такой сигнал на стоке VT3 выделиться не может, так как нагрузка VT3 — контур L2C13C14 шунтирована диодами VD1 и VD2. Начиная с амплитуды сигнала на контуре 1,5 В, эти диоды будут открыты, обеспечивая сжатие динамического диапазона сигнала SSB в 20 дБ. Ограниченный сигнал поступает на третий каскад усиления ПЧ передатчика, в котором работает транзистор VT1 с нагрузкой в виде контура L1C2C3. С вывода 1 сигнал передатчика поступает на узел кварцевых фильтров, где ширина его спектра, расширившаяся в результате ограничения амплитуды, опять суживается до 2,5 кГц в режиме SS B.

Однотоновый сигнал CW при передаче проходит через тракт ПЧ точно так же, как и сигнал SS B. Так как после ограничения такого сигнала не возникает составляющих, лежащих вблизи частоты 5000 кГц, на выходе тракта ПЧ сохраняется однотоновый сигнал, который далее проходит через кварцевый фильтр CW в узле 7.

Катушки L1, L2, и L3 одинаковые. Они намотаны на тороидальных магнитопроводах 30ВЧ 12×8×4 (провод ПЭШО 0,44), число витков 16. Катушка L4 идентична катушкам L1 и L2 узла кварцевых фильтров (рис. 3.51). Трансформатор T1 идентичен трансформаторам T1 и T2 узла ГПД и смесителя (рис. 2.45).

Рис. 2.54. Тракт

2.3.10. Тракт звуковой частоты

Схема тракта ЗЧ (узел 9 трансивера) приведена на рис. 2.55. Трансформатор Т1 — элемент смесительного детектора — балансного модулятора, входящего в тракт ПЧ. При приеме напряжение ЗЧ выделяется на его вторичной обмотке. Транзистор VT1 закрыт, и сигнал ЗЧ поступает на затворы VT2 каскада предварительного усиления ЗЧ приемника. Полное напряжение ЗЧ с выхода этого каскада подается на устойство АРУ через конденсарор С6, а часть этого напряжения — через С5 и резистор R6 на потенциометр регулировки усиления приемника до ЗЧ.

Напряжение ЗЧ детектируется диодом VD1, постоянная составляющая отфильтровывается цепью R7C7 и через диод VD2 заряжает конденсатор С22. После пропадания сигнала С22 медленно разряжается через резистор Р10 и переход база-эмиттер транзистора VT3.

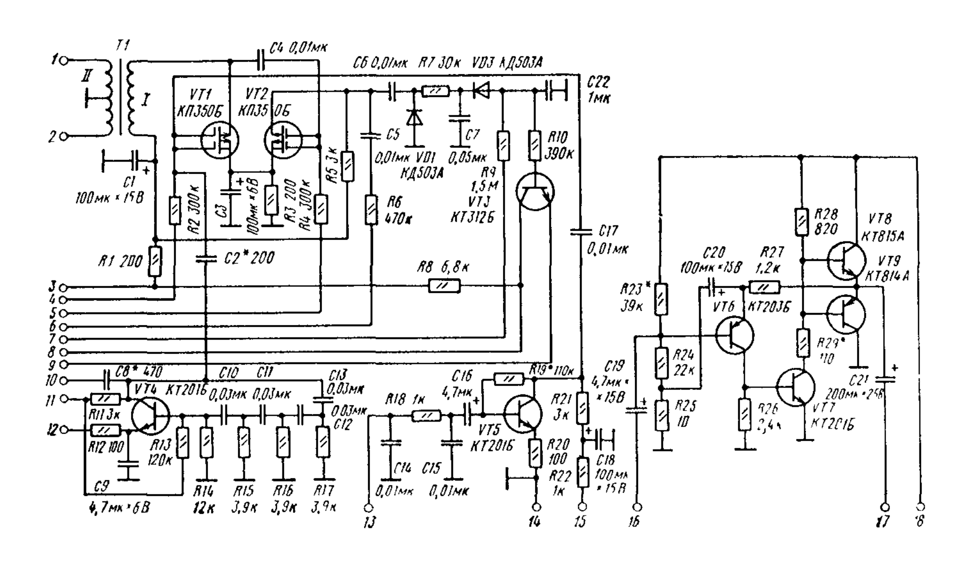
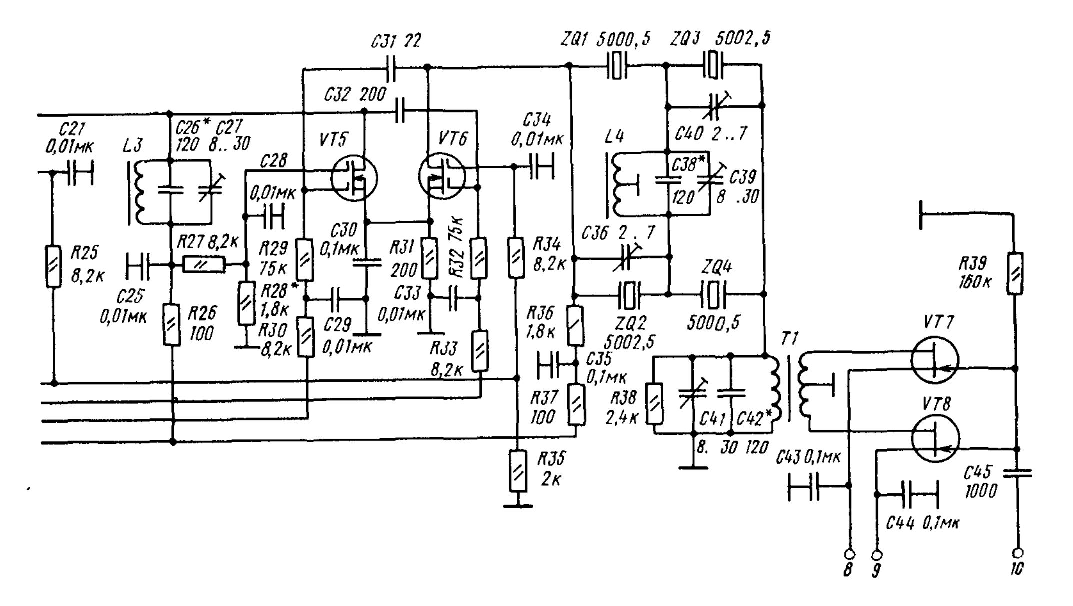


Рис. 2.55. Тракт звуковой частоты



промежуточной частоты

При этом снижается напряжение на коллекторе VT3, являющееся напряжением регулировки усиления УРЧ и УПЧ приемника.

В цепь эмиттера VT3 включен через вывод 9 измерительный прибор S-метра. При полностью открытом транзисторе VT3 напряжение на его коллекторе снижается до 1 В, а ток через прибор S-метра достигает 1 мА — максимальное показание S-метра.

Через резистор R9 на базу транзистора VT3 подается напряжение ручной регулировке усиления приемника по РЧ. Когда это напряжение равно нулю, ток через VT3 определяется только работой устройства АРУ. При повышении напряжения ручной регулировки ток через VT3 увеличивается, и при отсутствии сигнала на выходе VT2 тем самым вместе с уменьшением усиления по РЧ устанавливается порог срабатывания АРУ, индицируемый показаниями S-метра, что очень удобно при работе с трансивером.

Напряжение ЗЧ с регулятора усиления ЗЧ поступает на вывод 16 тракта ЗЧ — вход трехкаскадного УЗЧ на транзисторах VT6 — V T9. Этот усилитель обеспечивает выходную мощность до 0,5 Вт, что более чем достаточно для любительского КВ приемника.

При передаче в режиме CW подается питание на вывод 11 тракта ЗЧ, и при замыкании телеграфного ключа, подключаемого к выводу 12, начинает работать генератор с частотой около 800 Гц. Сигнал этого ЗГ через C2 поступает на затворы открытого при передаче транзистора VT1. В цепь стока этого транзистора включен трансформатор ЗЧ T1, работающий на балансный модулятор тракта ПЧ.

При передаче в режиме SSB питание с ЗГ снимается и подается на вывод 15 тракта ЗЧ. При этом начинает работать УЗЧ на транзисторе VT5, вход которого соединен с микрофонным гнездом трансивера. Для исключения наводок по цепям, проходящим через шасси, микрофон подключен к УЗЧ двухпроводной линией — к выводам 13 и 14, так, что микрофон соединяется с шасси только в узле 9 трансивера.

Трансформатор T1 намотан на магнитопроводе от любого из двух трансформаторов ЗЧ приемника «Спидола». Магнитопровод типа Ш8 (толщина набора 8 мм). Сердечник собран с зазором около 0,1 мм (использована бумажная прокладка). Намотка выполнена проводом ПЭВ-20,1. Обмотка I содержит 2000 витков, обмотка II — 2×450 витков.

2.3.11. Настройка трансивера

Настройку трансивера следует начать с автономной проверки кварцевых фильтров. Настройка фильтров сводится к настройке в резонанс (по максимуму выходного напряжения в полосе пропускания) контура с симметрирующей катушкой и установке балансировочных подстроечных конденсаторов, включенных параллельно кварцевым резонатором, по максимальному ослаблению выходного сигнала за полосой пропускания. Результатом настройки фильтров должны быть их частотные характеристики, близкие к приведенным на рис. 2.52 и 2.53.

Перед включением трансивера необходимо проверить исправность его источников питания. Для этого отключают потребители от источников напряжения +12 и +5 В и проверяют их нагрузочные характеристики. Результаты должны быть примерно такими:

Напряжение «+12 В»	*Сопротивление нагрузки, Ом*
13	25
12,1	12
11,9	10
10	8

Напряжение «+5 В»	*Сопротивление нагрузки, Ом*
6	∞
5,3	12
5,2	8
5	6
4,4	4,3

Номинальное напряжение +12 и +5 В может отличаться на ±10 %, важно, чтобы обеспечивалась их стабилизация.

В тракте ЗЧ необходимо подобрать сопротивления резисторов R23 и R19. Подбором R23 устанавливается напряжение в точке соединения эмиттеров VT8 и VT9 равным 5,5 ...6,5 В. Подбором R19 устанавливают напряжение на коллекторе VT5 близким к 6 В.

При подаче на микрофонный вход сигнала ЗЧ с частотой от 300 до 3000 Гц напряжением 10 мВ (соответствует напряжению на выходе динамического микрофона при работе телефоном) напряжение ЗЧ на концах вторичной обмотки T1 должно быть около 1В.

Такое же напряжение ЗЧ должен создавать на вторичной обмотке T1 генератор телеграфных сигналов. При необходимости подбирается емкость генератора C2.

Тракт ПЧ целесообразно настроить в режиме передачи. Сначала подается на микрофонный вход сигнал с частотой 1000 Гц и напряжением 10 мВ. Постепенно уменьшая напряжение на микрофонном входе, настраиваем все контуры тракта УПЧ по максимуму напряжения на его выходе (вывод 1). При необходимости подбираются емкости конденсаторов C2, C13, C26, C38 и C42. Уточнением сопротивления резистора R18 устанавливаются закрывающие диоды VD1 и VD2 смещения равными 1В.

Установив напряжение сигнала с частотой 1000 Гц на микрофонном входе равным 1 мВ, устанавливаем усиление до ограничителя подбором сопротивления резисторов R28 и R16 по напряжению на стоке VT3, равному 1,5 В (начало ограничения сигнала SSB).

Увеличив сигнал на микрофонном входе до 10 мВ (работа с ограничением) подбором R2, устанавливаем напряжение на выводе 1 тракта ПЧ (т. е. на входе кварцевого фильтра узла 7) близким к 3 В. Теперь проверим, что напряжение на выходе кварцевых фильтров около 2 В. Близким к этому значению должно оказаться напряжение на выходе кварцевых фильтров и при нажатом ключе в режиме CW. Отрегулировав тракты ЗЧ и ПЧ, следует заняться гетеродинными. Регулировка генератора 5000 кГц в узле цифровой шкалы сводится к точной подгонке его частоты с помощью L2. Напряжение на выходе этого генератора (вывод 2 узла 6) должно быть 2...3 В.

Генератор плавного диапазона необходимо сначала настроить при отключении режима стабилизации частоты. Установив частоты задающего генератора и выхода ГПД в соответствии с табл. 2.12 и 2.13, подбором емкостей конденсаторов C1, C3, C5, C7, C9 и C12 (рис. 2.41) и настройкой контуров фильтров выхода ГПД убедимся в устойчивой работе цифровой шкалы. Напряжение на выходе ГПД (вывод 11 узла 4) должно при перестройке внутри диапазонов находиться в пределах 2,5,... 3 В. Далее следует произвести термокомпенсацию задающего генератора ГПД, как это описано в § 2. 1.6 для гетеродина с перестройкой частоты (рис. 2.12). Это обеспечит уход частоты ГПД при работе без стабилизации частоты не более ±300 Гц за 15 мин.

Подбором емкости конденсатора C2 добиваемся изменения частоты настройки трансивера при регулировке «расстройки» на ±10 кГц. После этого надо убедиться в работе системы стабилизации частоты ГПД. При включении режима стабилизации частота ГПД на всех диапазонах должна в течение малых единиц секунд устанавливаться вблизи частот с нечетным значением сотен герц с точностью ±10 Гц и оставаться такой неограниченно долгое время (возможен постепенный уход стабилизируемой частоты только за счет ухода частоты генератора 5000 кГц).

Дальнейшую настройку трансивера целесообразно выполнить в режиме передачи CW при нажатом ключе. Обязательно надо нагрузить выход возбудителя трансивера на резистор сопротивлением 75 Ом.

Таблица 2.15

Оценка на шкале S	3	5	7	9	9+10 дБ	9+20 дБ	9+30 дБ	9+40 дБ	9+50 дБ	9+60 дБ
Показания S-метра (делений)	50	80	105	125	150	175	200	225	250	280

Настройку контуров фильтров частоты сигнала выполняют до достижения напряжения сигнала (он должен пропадать при отжатии ключа), меняющегося при перестройке внутри каждого диапазона в пределах 0,3...0,4 В.

Контролируя выходное напряжение возбудителя трансивера при максимуме усиления его УРЧ, настраиваем корректирующую индуктивность L1 узла УРЧ (рис. 2.46) до достижения выходного напряжения на диапазонах 10 и 15 м около 9 ... 11 В. На остальных диапазонах это напряжение должно быть близким к 10 В.

Настройка приемника после завершения регулировки трансивера в режиме «передача» сводится к подстройке входных контуров. Ее можно выполнить на середине каждого диапазона просто по максимуму шумов на выходе приемника. Для градуировки S-метра к входу приемника подключают ГСС и устанавливают уровень входного сигнала в соответствии с табл. 2.1. При исправном приемнике S-метр начинает работать при S2.

Реальный результат градуировки S-метра трансивера приведен в табл. 2.15 (вся шкала прибора S-метра—300 делений).

3. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Антенно-фидерное устройство — важный элемент коротковолновой любительской радиостанции. Его эффективность является определяющим фактором в проведении дальней радиосвязи. Случайный кусок провода, используемый в качестве антенны, обычно имеет КПД преобразования выходной мощности передатчика в излучаемую в нужном направлении энергию электромагнитного поля не более 10 %. А хорошо сконструированная радиолюбительская КВ антенна может иметь коэффициент усиления больше 10, так что переход от заменителя антенны к специально построенной дает эквивалентный выигрыш по мощности передатчика в сотни раз.

Если малоэффективную антенну подключить к высокочувствительному коротковолновому приемнику, то при хорошем прохождении радиоволн можно услышать работу многих любительских радиостанций, даже находящихся на больших расстояниях. Но использовать такую антенну для передающей радиостанции нельзя. Неравнозначность качества антенн приемных и передающих радиостанций объясняется следующим. Когда прием ведется на малоэффективную (обычно просто короткую или низкую) антенну, то сигналы всех корреспондентов и помехи будут одинаково слабы; увеличив усиление приемника, можно принять большую часть сигналов. Большинство любительских КВ радиостанций оборудовано высокоэффективными антеннами, поэтому сигнал передатчика, работающего на очень неэффективную антенну, потеряется на фоне сигналов других радиостанций.

Эффективная антенна позволяет и значительно ослабить помехи, создаваемые любительскими КВ радиостанциями при радио- и телевизионном приеме.

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ

Передающая антенна преобразовывает энергию переменного электрического тока в энергию электромагнитного поля, распространяющегося от антенны в окружающее пространство. ***Приемная*** антенна конструктивно не отличается от передающей, но выполняет обратную задачу. Характеристики передающих и приемных антенн одинаковы, поэтому, рассмотрев характеристики передающих антенн, мы можем использовать их и для приемных.

Коэффициент полезного действия антенно-фидерного устройства — это отношение мощности, подводимой к фидеру от передатчика, к мощности, излучаемой антенной. Он равен произведению КПД фидера на КПД самой антенны. У хороших коротковолновых антенно-фидерных устройств общий КПД достигает 70 ...90 %. Плохой КПД безусловно снижает эффективность антенны, но и хороший КПД не гарантирует ее высокую эффективность. Определяющим фактором здесь является диаграмма направленности антенны. Различают диаграммы направленности антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости — это зависимость плотности потока излучаемой мощности от угла к горизонту. Для обеспечения связи с дальними корреспондентами антенна должна хорошо излучать под малыми углами к горизонту и не излучать в направлениях, близких к вертикали. Хорошо сконструированная КВ антенна может сосредоточить все излучения в пределах углов до 10 ... 20° к горизонту.

Диаграмма направленности антенны у горизонтальной плоскости — это зависимость плотности потока излучаемой мощности от азимутального направления. Ненаправленная антенна излучает одинаково во все направления. Такая антенна удобна для работы в условиях, когда желательна радиосвязь с любым корреспондентом (иногда это важно в соревнованиях). Для связи же с корреспондентом, находящимся на определенном азимуте, необходимо сосредоточить излучение именно в этом направлении. Радиолюбителям удается сконструировать КВ антенны, у которых излучение сосредоточено в пределах угла по азимуту шириной в несколько десятков градусов. Направленные свойства антенн характеризуются ее *коэффициентом направленного действия*.

Диаграмму направленности характеризуют и отношением потока излучаемой мощности в нужном направлении к потоку мощности в противоположном направлении (отношение вперед-назад) и в перпендикулярном направлении (отношение вперед-вбок). У любительских коротковолновых направленных антенн отношение вперед-назад достигает 20 ... 30 дБ, а отношение вперед-вбок может достигать 60 дБ.

Общий выигрыш по мощности благодаря направленным свойствам антенны — *коэффициент усиления* — равен произведению коэффициента направленного действия на КПД. Радиолюбителям удается создавать КВ антенны с коэффициентом усиления до 20 дБ.

По направлению вектора электрической составляющей излучаемого электромагнитного поля антенны делятся на антенны с горизонтальной и вертикальной поляризациями. Коротковолновые антенны с излучающими элементами (обычно проводами или металлическими трубками), расположенными параллельно горизонту, являются антеннами с *горизонтальной поляризацией*, а антенны, излучающие элементы которых перпендикулярны горизонту, — антеннами с *вертикальной поляризацией*. При радиосвязи на КВ с использованием отражения радиоволн от ионосферы поляризация антенн не имеет существенного значения.

Входное сопротивление антенно-фидерного устройства — это отношение напряжения на выходе передатчика к поступающему в фидер току. Обычно любительские КВ передатчики рассчитаны для работы на нагрузку с чисто активным сопротивлением, равным 50 ... ... 100 Ом, и входное сопротивление антенно-фидерного устройства желательно иметь близким к этому значению.

3.2. ФИДЕРНЫЕ ЛИНИИ

3.2.1. КПД фидерных линий

В редких случаях антенна может быть связана с КВ радиостанцией без применения фидерной линии, которая обеспечивает соединение точек питания антенны с выходом передатчика (входом приемника). Основное требование к фидерной линии — минимальные потери энергии. На высоких частотах они определяются излучением фидера, потерями из-за активного сопротивления его проводов и диэлектрическими потерями из-за неидеальности изоляции.

Особенно нежелательны потери на излучение, так как кроме снижения КПД антенно-фидерного усттойства они приводят и к искажениям диаграммы направленности и могут быть причиной помех, создаваемых устройствам, вблизи которых проходит фидер. Поэтому радиолюбители-коротковолновики практически не используют излучающие фидерные линии типа одиночного неэкранированного провода. Наиболее распространенными фидерными линиями, применяемыми для питания КВ антенн, являются коаксиальные кабели и (реже) двухпроводные симметричные линии.

Важной характеристикой фидерной линии является ее *волновое сопротивление*. Если фидер нагружен на активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии, амплитуды напряжений между проводниками линии и протекающих по ним токов постоянны по всей ее длине. Отношение этих амплитуд равно волновому сопротивлению фидерной линии. При рассогласовании волнового сопротивления линии с нагрузкой в фидере появляются *стоячие волны*: амплитуда напряжения в одной из точек линии достигает максимума, а ток минимума («пучность» напряжения и «узел» тока), в другой точке линии наоборот — напряжение минимально («узел» напряжения), а ток максимален («пучность» тока). Отношение напряжений или токов в «пучности» и «узле» — это *коэффициент стоячей волны* (КСВ) в фидерной линии. Поскольку омические потери в фидере пропорциональны квадрату амплитуды тока а диэлектрические — квадрату амплитуды напряжения, увеличение потерь в «пучностях» не компенсируется их уменьшением в «узлах» и наличие стоячих волн приводит к снижению КПД фидерной линии.

Таблица 3.1

Группа по потерям	Тип кабеля	Мощность при КСВ=1, кВт	Волновое сопротивление, Ом	Геометрические размеры, мм	
				Диаметр проводника	Наружный диаметр
1	РК50-1,5-12	0,2	50	0,47	2,4
	РК75-1,5-11	0,15	75	0,24	2,4
2	РК50-2-13	0,3	50	0,67	3,7
	РК50-3-11	0,4	50	0,9	5
	РК50-3-13	0,6	50	0,9	4,4
3	РК50-7-11	1	50	7×0,76	10,3
	РК50-7-12	1	50	7×0,76	11,2
	РК50-7-16	1,5	50	7×0,76	11,2
	РК75-4-15	0,7	75	0,72	7,3
	РК75-4-16	0,7	75	7×0,26	7,3
4	РК50-9-11	2	50	7×0,9	12,2
	РК50-9-12	2	50	7×0,9	12,2
	РК50-11-1	3	50	7×1,18	14,5
	РК75-9-12	2	75	1,35	12,2
	РК100-7-13	0,8	100	0,6	7,25
5	РК100-33-17	8	50	37×1,37	39
	РК50-44-17	15	50	37×1,81	50
	Двухпроводная симметричная линия	30	600	Два медных провода диаметром 3 мм на расстоянии 200 мм	

В табл. 3.1 приведены характеристики наиболее часто используемых радиолюбителями коротковолновиками фидерных линий. Они разбиты на пять групп по величине потерь — все входящие в одну группу фидерные линии имеют практически одинаковые потери. Зависимость КПД фидерных линий от их длины для фидеров, характеристики которых указаны в табл. 3.1, приведены на рис. 3.1 —3.7. Кривые на рисунках имеют номера групп по потерям (табл. 3.1).

Если необходимо определить характеристики фидера, не включенного в табл. 3.1, то это можно сделать, определив его группу по потерям, исходя из геометрических размеров, которые близки к размерам одного из данных кабелей.

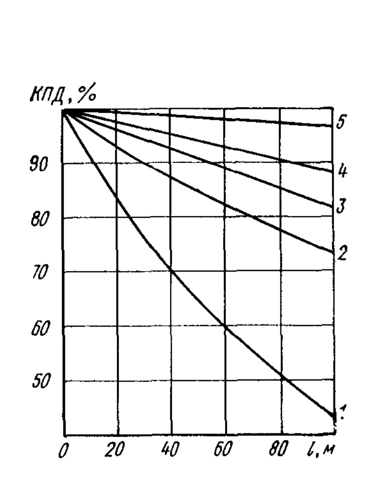


Рис. 3.1. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 160 м

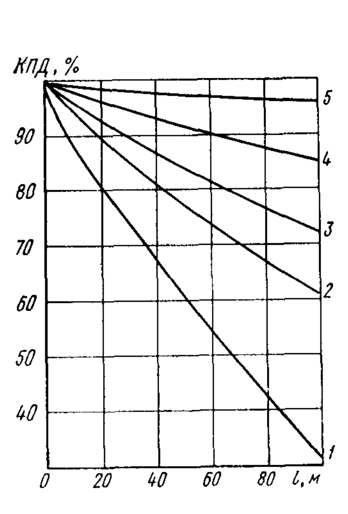


Рис. 3.2. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 80 м

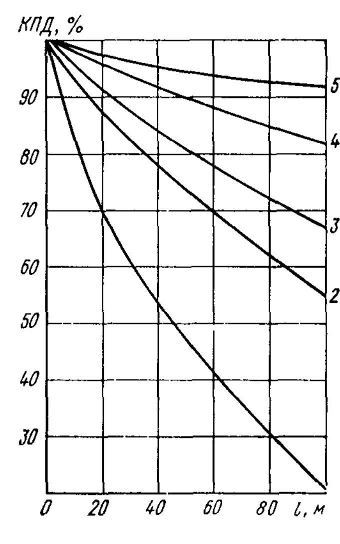


Рис 3.3. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 40 м

Рис. 3.4. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 30 м

Рис. 3.5. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 20 м

Рис. 3.6. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 15 м

Из табл. 3.1 и графиков зависимости КПД фидеров от их длины видно, что потери в фидерной линии при ее одинаковой длине уменьшаются с увеличением толщины фидера, его волнового сопротивления и длины волны. Это объясняется тем, что на коротких волнах у коаксиальных кабелей и двухпроводной симметричной линии с распорками из диэлектрика (поли-

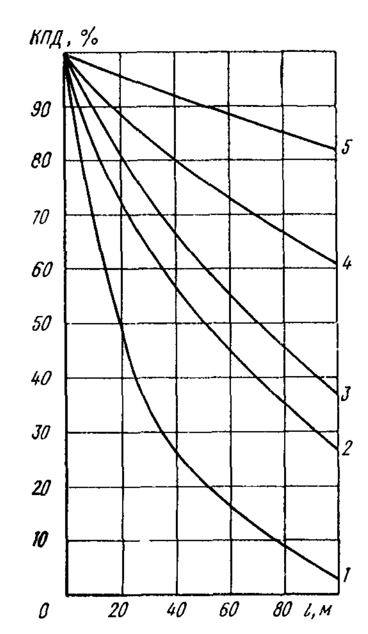


Рис. 3.7. КПД фидерных линий при КСВ=1 на диапазоне 10 м

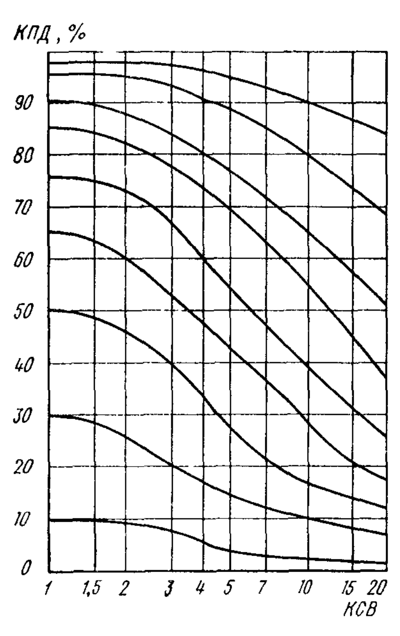


Рис. 3.8. Зависимость КПД фидерной линии от КСВ

стирол, фторопласт, стеклотекстолит) практически отсутствуют потери на излучение и диэлектрические потери А омические потери уменьшаются с уменьшением сопротивления проводников (оно снижается с увеличением их толщины из-за уменьшения «скин-эффекта») и уменьшением тока, необходимого для передачи определенной мощности, с ростом волнового сопротивления фидера.

Определить потери в фидере при КСВ $\neq$ 1 можно по рис. 3.8. У фидера, не имеющего потерь при КСВ=1, КПД равно 100 % при любом значении КСВ (верхняя кривая рис. 3.8). Но такой фидер не существует. Чем больше потери в фидере при КСВ=1, тем заметнее снижается КПД с ростом КСВ.

Рассмотрим примеры определения КПД фидерной линии.

1 Коаксиальный кабель РК50-3-11 длиной 30 м на диапазоне 10 м КСВ=3.

Из табл. 3.1 определяем группу этого кабеля по потерям — 2. Из рис. 3.7 видим, что при КСВ=1 КЭД фидера равен 65 %, а из рис. 3 8 определяем, что из-за КСВ КПД снизится до 53 %.

2. Двухпроводная линия из двух медных проводов диаметром 3 мм с расстоянием между проводами 200 мм. Длина линии 30 м, диапазон 40 м, КСВ-8 (фидер с волновым сопротивлением 600 Ом питает антенну с входным сопротивлением 75 Ом).

Такой фидер относится к группе 5 табл. 3.1. Из рис. 3.3. определением потери при КСВ=1; 98 %. Из рис. 3.8 видим, что из-за высокого КСВ КПД снижается только до вполне приемлемого значения 92 %.

Приведенные примеры показывают, что значение КСВ в некоторых случаях не определяет целесообразность использования данного кабеля из-за его КПД. Из-за предельной мощности кабеля может оказаться существенной возможность работы фидера с определенным значением КСВ. В табл. 3.1 приведены допустимые значения передаваемой по кабелю мощности на любительских КВ диапазонах (на частотах до 30 МГц) при КСВ=1 С ростом КСВ допустимая мощностьпадает пропорционально его значению. Для фидеров 5-й мощности падает пропорционально его значению. Для фидеров 5-й группы по потерям максимальная разрешенная любительским КВ радиостанциям мощность может быть передана практически при любом реально возможном значении КСВ.

Входное сопротивление антенно-фидерного устройства зависит от КСВ, В фидерной линии при КСВ = 1 это сопротивление равно волновому сопротивлению линии вне зависимости от ее длины. А при КСВ$\neq$1 входное сопротивление фидера зависит от значения КСВ и длины линии. Обычно легко удается согласовать фидер с передатчиком при КСВ $\leqslant$ 2, а при больших значениях КСВ приходится включать между выходом передатчика и фидером специальное согласующее устройство.

3.2.2. Измерение КСВ в фидерной линии

Определить КСВ в фидере с помощью измерения напряжений или токов в различных токах его длины очень сложно, поэтому радиолюбители обычно используют самодельные измерители КСВ.

Схема простейшего измерителя КСВ приведена на рис. 3.9. Этот прибор представляет собой мост, одно плечо которого образуют равные по значению резисторы R1 и R2, а другое — один из резисторов R3, R4 или R5, выбираемых с помощью переключателя SA1 (который соответственно имеет положения 100, 75 н 51 Ом), и входное сопротивление антенно-фидерного устройства.

В показанном на схеме положении SA2 измерительный прибор по высокой частоте включен высокочастотным вольтметром в диагональ моста сопротивлений. При равенстве входного сопротивления антенны и сопротивления резистора, выбранного с помощью SA2, показания прибора будут близки к нулю. Если выбранное с помощью SA2 сопротивление равно волновому сопротивлению кабеля, идущего к антенне, то это свидетельствует о том, что КСВ = 1. Источником питания измерителя служит генератор мощностью около 1 Вт. Перед началом измерения SA2 устанавливают в нижнее (по схеме) положение и с помощью R8 устанавливают показания прибора на 100 мкА. Переключая SA2 в положение измерения КСВ, снимают показания прибора на 100 мкА. Переключая SA2 в положение измерения КСВ, снимают показания прибора — X. Значение КСВ ориентировочно определяется по формуле

$$КСВ = (100 + X)/(100 - X).$$

При регулировке антенно-фидерного устройства прибор по схеме рис. 3.9 очень удобно использовать, осуществляя его питание от широкодиапазонного генератора сигналов. Частота, на которой достигается минимум КСВ, в большинстве случаев определяет резонансную частоту антенны.

Для контроля КСВ антенно-фидерного устройства во время работы передатчика, что особенно важно для передатчика с транзисторным выходным каскадом, целесообразно использовать КСВ-метр по схеме рис. 3.10.

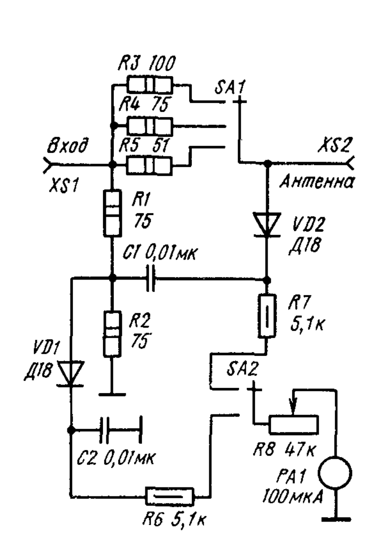


Рис. 3.9. КСВ-метр для автономного измерения входного сопротивления антенно-фидерного устройства

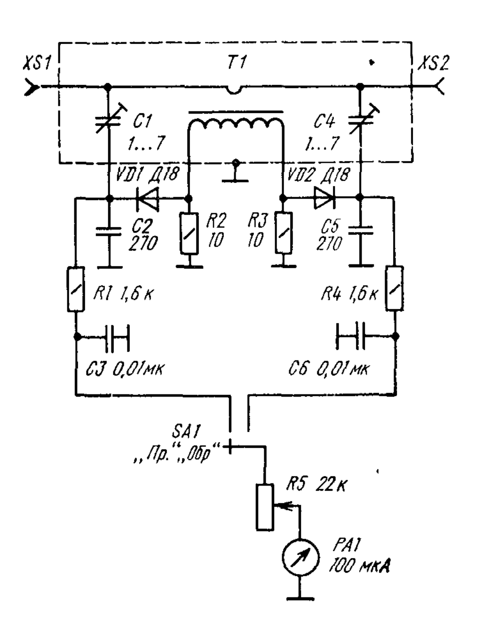


Рис. 3.10. КСВ-метр для контроля антенно-фидерного устройства во время работы передатчика

При изготовлении измерителя КСВ по схеме рис. 3.10 необходимо обеспечить хорошую экранировку отсека прибора, в котором находятся элементы T1, C1 и C4. Конденсаторы C1 и C4 должны быть рассчитаны на напряжение до 500 В. Трансформатор T1 намотан на тороидальном магнитопроводе 50ВЧ2 12×6×5 мм (провод МГТФ, сечение 0,07 мм^2, число витков 20). Эта обмотка вторичная, а первичная образована пропущенным через магнитопровод проводом, соединяющим высочастотные соединители измерителя КСВ.

К одному из входов этого измерителя КСВ подключают выход передатчика (трансивера), к другому — вход антенно-фидерного устройства. В отличие от измерителя по схеме рис.3.9, измеритель КСВ по рассматриваемой схеме необходимо отрегулировать, нагрузив его вместо антенны активным сопротивлением, равным волновому сопротивлению фидера. Это сопротивление должно быть достаточно мощным — потери в КСВ-метре (рис. 3.10) пренебрежимо малы, так что на эквиваленте антенны выделится вся выходная мощность передатчика. Для нормальной работы измерителя КСВ (рис. 3.10) на его вход надо подать мощность не менее 10 Вт.

Переключая SA1, замечаем положение, при котором прибор дает меньшие показания, это положение SA1 соответствует измерению отраженной мощности. В положении измерения отраженной мощности регулируем емкость C1 (или C4, если изменение C1 слабо влияет на показания прибора) до нулевых показаний PA1. Поменяв местами антенну и передатчик, отрегулируем второй подстроечный конденсатор до нулевых показаний PA1.

При работе с измерителем КСВ (рис. 3.10) значение КСВ определяют так же, как и при работе с мостовым КСВ-метром: сначала при измерении прямой мощности устанавливают показания прибора на 100 делений, а показания прибора при измерении отраженной мощности используют для подсчета КСВ.

Следует учитывать, что оба описанных прибора достаточно точно позволяют определить согласование фидерной линии (КСВ=1), а при измерении больших значений КСВ являются скорее индикаторами рассогласования, чем измерителями КСВ. Если же возникнет желание точно проградуировать КСВ-метр, то это нужно делать, нагружая его на безидукционные эквиваленты антенны с известным активным сопротивлением. Отношение этого сопротивления к волновому сопротивлению используемого кабеля даст точку на градуировочной кривой КСВ-метра.

3.3. УСТРОЙСТВА СОГЛАСОВАНИЯ АНТЕННЫ С ПЕРЕДАТЧИКОМ И ПРИЕМНИКОМ

Непосредственно к передатчику можно подключить только антенно-фидерное устройство, входное сопротивление которого обеспечивает его нормальную работу. Питание большинства антенн, применяемых в настоящее время радиолюбителями-коротковолновиками, осуществляется с помощью коаксиального кабеля с КСВ, близким к 1 (обычно не более 2). Имеющиеся в выходных каскадах ламповых усилителей мощности устройства связи с антенной обеспечивают возможность согласования с такими антенно-фидерными устройствами, т. е. передачу максимальной выходной мощности в антенну. Транзисторные усилители мощности могут не иметь органов регулировки согласования с антенной и требуют подключения к ним фидера с КСВ не более 1,1 ... 1,2. Поэтому между антенно-фидерным устройством с большим КСВ и любым передатчиком и между передатчиком, рассчитанным на работу с определенным согласованным фидером (на активную нагрузку 50 или 75 Ом), и любым антенно-фидерным устройством необходимо включить устройство согласования. Для контроля настройки устройства согласования между передатчиком и входом антенны включают измеритель КСВ, как это показано на рис. 3.11. При этом КСВ-метр должен работать при полной выходной мощности передатчика. Схема подключения устройства согласования рис. 3.11 отличается от обычно приводимых схем в учебниках по антенно-фидерным устройствам, где устройство согласования включается между антенной и фидером, обеспечивая минимальный КСВ, а следовательно, и потери в фидере. В практике радиолюбителей-коротковолновиков согласование антенны с фидером достигается включением его в точки питания антенны, сопротивление между которыми близко к волновому сопротивлению фидера или использованием простейших трансформаторов сопротивлений между антенной и фидером. А в некоторых типах КВ радиолюбительских антенн применяются фидеры, рассогласованные с антенной, такие сооружения радиолюбители называют *антеннами* с *питанием стоячей волной*. При применении в этих антеннах фидерных линий с малыми потерями (например, воздушных двухпроводных симметричных линий) КПД антенно-фидерного устройства, как было показано выше, сохраняется достаточно высоким.

Согласующее устройство, трансформирующее входное сопротивление антенны в активное сопротивление, близкое к 75 Ом, оказывается полезным и при приеме. Оно обеспечивает оптимальное согласование входной цепи приемника (обычно рассчитанной на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 ... 75 Ом) и, следовательно, реализацию полной чувствительности приемника.

Используемые радиолюбителями согласующие устройства (в частности, и описанные ниже) полезны и для улучшения фильтрации побочных излучений передатчика и являются хорошим средством защиты от помех телевизионному приему.

На рис. 3.12 приведена схема универсального согласующего устройства, предназначенного для работы с несимметричным антенно-фидерным устройством (антенна, питаемая коаксиальным кабелем, антенна типа «длинный провод» с заземлением и т.п.). Это устройство обеспечивает возможность согласования передатчика, рассчитанного на нагрузку 50 или 75 Ом, с антенной, имеющей активную составляющую входного сопротивления от 10 до 1000 Ом и индуктивную или емкостную реактивную составляющую входного сопротивления до 500 Ом. Диапазон рабочих частот 1,8 ... 30 МГц, подводимая мощность до 200 Вт. При необходимости работать с полной мощностью, разрешенной любительским КВ радиостанциям, детали устройства (рис. 3.12) должны быть рассчитаны на работу при ВЧ напряжениях, достигающих 3000 В, — зазоры между пластинами C1 должны быть не менее 3 мм, расстояния между контактами переключателей не менее 10 мм. При работе с меньшими мощностями или при согласовании антенн, питаемых коаксиальными кабелями при КСВ не более 3, достаточно использовать C1 с зазором 0,5 мм (сдвоенный конденсатор переменной емкости от старых радиовещательных приемников) и обычные галетные керамические переключатели. Катушка L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 50 мм медным проводом диаметром 1,5 мм. Считая от конца, соединенного с XS1, она содержит: два витка с шагом 5 мм, конца, соединенного с *XS1*, она содержит: два витка с шагом 5 мм, два витка с шагом 5 мм,три витка с шагом 3 мм, три витка с шагом 3 мм, пять витков с шагом 3 мм, пять витков с шагом 3 мм и пять секций по семь витков с шагом 2 мм.

Переключатель SA1 регулирует индуктивность катушки L1. Переключатель SA2 изменяет схему согласования: в показанном на рис. 3.12 положении SA2 конденсатор C1 подключен между выходом передатчика и корпусом, а L1 - между выходом передатчика и антенной.

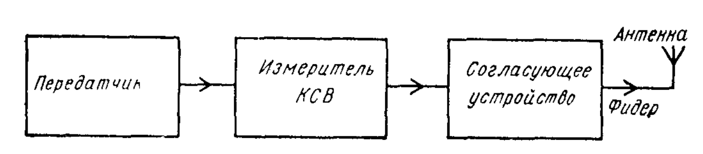


Рис. 3.11. Подключение к передатчику устройства согласования антенны

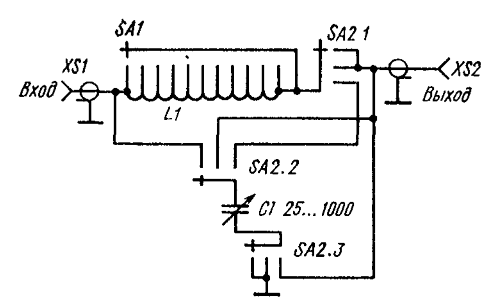


Рис. 3.12. Согласующее устройство для несимметричных антенн

При этом обеспечивается согласование антенн, имеющих низкое входное сопротивление.

В следующем (по схеме) положении SA2 конденсатор C1 подключается между антенной и корпусом, а L1 остается включенной между выходом передатчика и антенной. В таком положении SA2 обеспечивается согласование антенн, имеющих высокое входное сопротивление. В последнем (по схеме) положении SA2 элементы C1 и L1 включаются последовательно между выходом передатчика и антенной, что позволяет скомпенсировать реактивную составляющую входного сопротивления антенны без трансформации его активной составляющей.

Схему рис. 3.12 можно применить и для связи передатчика с несимметричным выходом (под коаксиальный кабель) с симметричной антанной. Для этого между XS2 и антенной необходимо включить симметрирующий трансформатор (рис. 3.13).

Соединитель XS1 подключается к антенному выходу согласующего устройства по схеме рис. 3.12, а к XS2 и XS3 подключаются провода симметричного кабеля, питающего антенну. Трансформатор T1 можно выполнить на тороидальном ферритовом магнитопроводе с магнитной проницаемостью 70 ... 200, диаметром около 100 мм и сечением не менее 2 см². Обмотка выполняется проводом во фторопластовой изоляции, сечение провода не менее 2 мм² (можно использовать медный провод, пропущенный в фторопластовую трубку или медный провод с любой другой высокочастотной изоляцией, рассчитанной на напряжение до 3000 В). Обмотку выполняют двумя проводами, скрученными с шагом около 15 мм на одно перекрещивание проводов. Число витков 2×15, начало одного провода соединяют с концом другого, образуя заземляемый отвод трансформатора. Следует учитывать, что в зависимости от входного сопротивления антенны и материала сердечника число витков T1 возможно придется подобрать. Кроме того, магнитопровод трансформатора может стать источником потерь и нелинейных искажений сигнала, приводящих к появлению побочных составляющих сигнала передатчика в антенне при их отсутствии на его выходе.

Более надежным для работы с симметричной антенной является согласующее устройство, собранное по схеме рис. 3.14. Как и устройство, показанное на рис. 3.12, оно рассчитано на подводимую мощность до 200 Вт в диапазоне 1,8 ... 30 МГц. Конценсатор C1 должен иметь зазор между пластинами не меньшее 0,5 мм, а C2 — не меньшее 2 мм. Катушка L1 намотана на керамическом каркасе диаметром 50 мм. От заземляемого отвода в обе стороны ведется намотка медным проводом диаметром 1,2 мм. Первые десять витков в обе стороны от отвода наматываются с шагом 4 мм, далее еще по 20 витков с шагом 3 мм. От каждого витка катушки делается отвод (его удобно выполнить в виде лепестка из медной фольги). Отводы располагаются равномерно по окружности катушки так, что к любому из них легко подключить выводы, соединяющие L1 с устройствами. На каждом диапазоне необходимо подобрать положение подключений соединителей XS2 и SS3 (связь с антенной) и индуктивность L1 закорачивающими перемычками. При этом число положений подключения фидера и число действующих витков с каждой стороны L1 от заземленного отвода должно быть одинаковым. Отвод, подключающий к L1 конденсатор C1 , регулирует связь согласующего устройства с передатчиком. Конденсатор C1 настраивает в резонанс цепь связи с передатчиком, а C2 — цепь связи с антенной. Выполнение регулировки согласующих устройств, сделанных по схемам рис. 3.12 и 3.14 дело трудоемкое. Большое число имеющихся в этих схемах органов настройки позволяет в кабеле, идущем к передатчику, добиться КСВ, близкого к 1. Так как при произвольном положе-

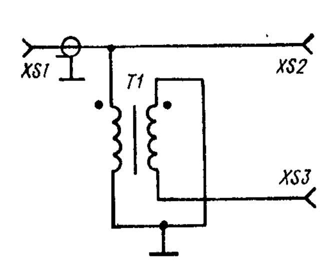


Рис. 3.13. Включение симметрирующего трансформатора

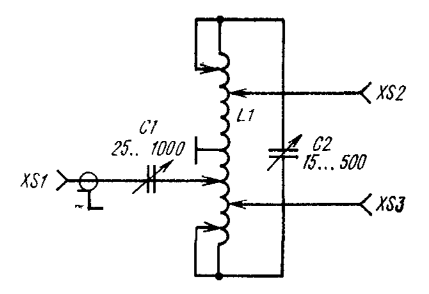


Рис. 3.14. Согласующее устройство для симметричных антенн

нии органов настройки согласующих устройств передатчик может оказаться резко рассогласованным с нагрузкой, регулировку согласования с антенной надо начинать при минимальной мощности передатчика.

Можно использовать на каждом диапазоне (или только на диапазонах, где КСВ в фидере антенны велико) отдельные согласующие устройства, выполненные на основе схем рис. 3.12 и 3.14.

Устройство, собранное по схеме рис. 3.14, позволяет добиться согласования передатчика с антенной при различных установках отводов регулировки связи передатчика и антенны При слабой связи с обоих сторон повышается фильтрующее действие согласующего устройства, но снижается его КПД В процессе эксплуатации радиостанции можно подобрать оптимальные связи в согласующем устройстве, при которых полностью отсутствует проявление побочных излучений при достаточно малых потерях в нем При работе с симметричной антенной целесообразно проверить, выполняется ли в действительности ее симметричное питание Для этого замеряются ВЧ напряжения на проводах фидера по отношению к корпусу передатчика. Их значения должны быть равны с точностью не хуже ± 2 %.

3.4. ГРОЗОЗАЩИТА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ

Подведенный к жилому помещению фидер антенны, представляет собой источник повышенной опасности: при попадании в антенну молнии (вероятность этого мала) призойдет разрушение всего, что находится вблизи фидера. Но и без попадания молнии непосредственно в антенну близкие к ней грозовые разряды, движущиеся вокруг антенны массы сухого снега, пыли наводят на вывод антенны напряжение в десятки киловольт Поэтому меры грозозащиты антенно-фидерных устройств являются для радиолюбителей-коротковолновиков обязательными.

Простейший и достаточно эффективный способ грозозащиты — установка между изолированным от заземления проводом фидера и заземленным проводником *искровых разрядников*, находящихся друг от друга заостренных металлических стержней с зазором не более 3 мм.

Удобным для работы и обеспечивающим грозозащиту является антенный коммутатор, схема которого приведена на рис. 3.15.

В показанном на схеме положении переключателя антенны SA1 все антенны радиостанции от нее отключены и заземлены (корпус коммутатора должен быть надежно заземлен, а заземление корпусов радиостанции вообще является обязательным). В следующих положениях SA1 одна из антенн подключается к радиостанции (где она обычно заземлена через какое-либо сопротивление постоянному току), а остальные остаются заземленными. При разрешенной радиолюбительским радиостанциям выходной мощности в качестве SA1 можно применить обычный керамический переключатель типа ПГК (две платы на пять положений, два направления в каждой).

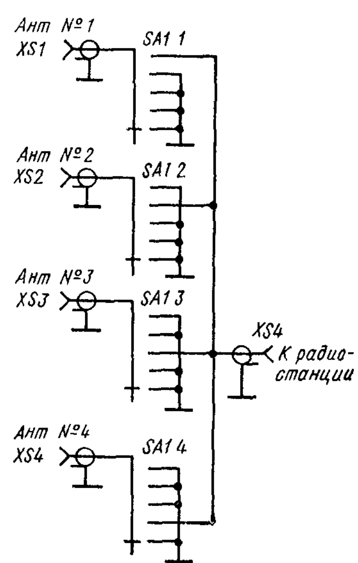


Рис 3 15 Антенный коммутатор, обеспечивающий грозозащиту

3.5. ОДНОДИАПАЗОННЫЕ НЕНАПРАВЛЕННЫЕ АНТЕННЫ

Простейшим излучателем для КВ диапазона радиоволн является *горизонтальный диполь* (рис. 3.16). У симметричного горизонтального диполя длины l_1 и l_2 равны. Если он удален от проводящих поверхностей на расстояние, превышающее несколько длин волны, его входное сопротивление определяется только длиной диполя. По мере увеличения общей его длины увеличивается активная составляющая этого сопротивления, обусловленная потерей энергии в диполе за счет ее излучения. При общей длине диполя, равной половине длины волны, его входное сопротивление становится чисто активным и равным 75 Ом. Полуволновый диполь хорошо согласуется с коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом. Омическое сопротивление его проводников значительно меньше сопротивления излучения, что определяет высокий КПД такой антенны. Поэтому полуволновый диполь является наиболее распространенным элементом любительских КВ антенн.

Одиночный горизонтальный полуволновый диполь имеет в горизонтальной плоскости диаграмму направлен-

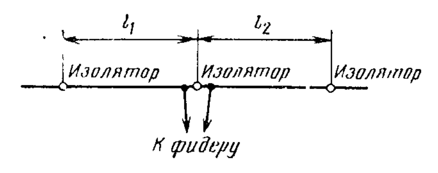


Рис. 3.16. Диполь

ности, подобную цифре 8 — в направлении оси диполя излучение отсутствует, в перпендикулярном направлении оно максимально. Диаграмма направленности диполя в вертикальной плоскости зависит от высоты его подвеса над землей. При высоте антенны над проводящей поверхностью меньше четверти длины волны наводящиеся в этой поверхности токи оказывают заметное экранирующее действие и снижают спротивление излучения антенны, что приводит к заметному снижению КПД. Практически использовать антенны типа горизонтальный диполь при высоте его подвеса над землей меньше одной десятой длины волны (0,1 λ) нецелесообразно. При увеличении высоты подвеса диполя его диаграмма направленности «прижимается» к земле. При высоте λ/8 максимум излучения направлен по вертикали, излучение под углами меньше 10° к горизонту практически отсутствует.

При увеличении высоты подвеса горизонтального диполя до 3 λ/8 излучение в направлении вертикали заметно снижается, максимум излучения направлен под углами около 45° к горизонту, имеется заметное излучение под углом 10°. При высоте подвеса 0,5 λ излучение по вертикали отсутствует, минимумы излучения направлены под углом 30° к горизонту.

При дальнейшем увеличении высоты подвеса горизонтального диполя диаграмма направленности становится многолепестковой, но максимум излучения еще более прижат к горизонту. Так, при высоте подвеса 3λ/2 этот максимум направлен под углами около 10° к горизонту.

Таким образом, можно сделать вывод, что чем выше подвес горизонтального диполя над землей, тем лучше проведение дальних связей.

Хотя коаксиальный кабель несимметричен, его можно использовать для питания горизонтального диполя: центральный проводник подключают к одной половине диполя, а оплетку — к другой. Для исключения излучения коаксиальным кабелем он должен быть расположен строго перпендикулярно к симметричному диполю на длине до 0,5 λ.

Иногда радиолюбители используют при подключении коаксиальных кабелей к симметричным диполям устройства, изолирующие оплетку кабеля от диполя по переменному току, создавая большую сосредоточенную индуктивность параллельных проводников кабеля. Для этого кабель пропускают (можно несколько раз) через ферритовое кольцо или свивают его в бухту вблизи точки подключения к диполю. Заметного улучшения работы ненаправленной антенны такие устройства не дают, а увеличение общей длины фидера на несколько десятков метров, уложенных в бухту, может заметно снизить общий КПД антенно-фидерного устройства.

Из-за искажений электромагнитного поля у концов диполя его «электрическая» длина несколько больше физической, поэтому длина полуволнового диполя выбирается несколько меньшей величины 0,5 λ в свободном пространстве. Рекомендуемые длины диполей, выполненных из медного (или биметаллического) провода диаметром 3 мм:

Любительский КВ диапазон, м	*Общая длина полуволнового диполя, м*
10	4,96
15	6,62
20	10
30	14
40	20,2
80	40,15
160	76

Высокой эффективностью при проведении дальних связей обладает вертикальная антенна с противовесами «GROUND PLANE» (рис. 3.17). Эта антенна выполняется из двух дюралевых труб, соединенных друг с другом прочным изолятором. Длина верхней трубы около 0,25 λ, длина нижней трубы обеспечивает установку противовесов (их длина l_2 несколько больше 0,25 λ) под углом около 45° к горизонту. Число противовесов может быть любым, начиная с трех.

Входное сопротивление антенны «GROUND PLANE» около 50 Ом и питание ее осуществляется коаксиальным кабелем (оплетка соединяется с противовесами). Рекомендуемые размеры антенны «GROUND PLANE» приведены в табл. 3.2.

Антенна «GROUND PLANE», в отличие от горизонтального диполя, хорошо работает при установке на небольшой высоте над землей. Без дополнительного подъема основания антенны, выполненной в соответствии с рис. 3.18, обеспечивается эффективное излучение при углах к горизонту 10°, максимум диаграммы направленности близок у углам 25° к горизонту.

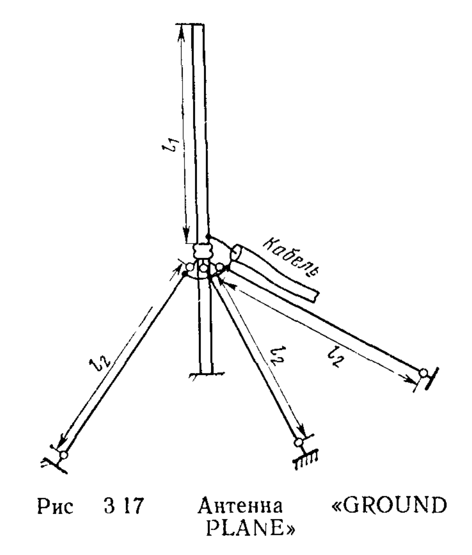


Рис 3 17 Антенна «GROUND PLANE»

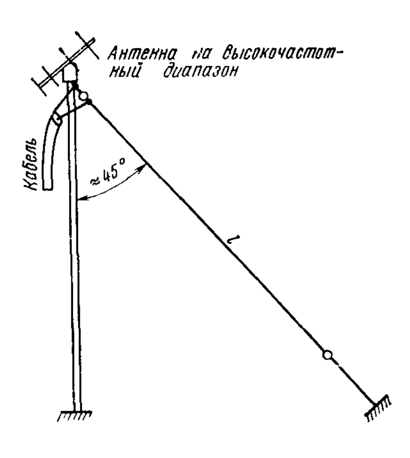


Рис 3 18 Антенна, выполненная из оттяжки металлической мачты

При дополнительном подъеме точки подключения фидера на высоту 0,7 λ максимум излучения будет под углами к горизонту около 12°

Диаграмма направленности антенны «GROUND PLANE» в горизонтальной плоскости близка к круговой При малом числе противовесов имеется небольшое ослабление излучения в направлениях, совпадающих с противовесом.

Таблица 3 2

Любительский коротковолновый диапазон, м	Диаметр труб мм	l_1, м	l_2, м
10	16	2,48	2,68
15	20	3,36	3,63
20	28	5	5,3
30	32	7,05	7,6
40	40	10,1	10,9

При наличии высокой металлической мачты можно применить однодиапазонную антенну, выполненную в соответствии с рис 3 18 Питание такой антенны осуществляется коаксиальным кабелем, оплетка которого соединена с мачтой Входное сопротивление антенны в точке подключения кабеля около 50 Ом Длина излучателя l близка к половине длины диполя, приведенного выше Высота нижнего изолятора оттяжки, служащей антенной, над землей должна быть не менее 0,1λ

Диаграмма направленности антенны рис 3 18 в горизонтальной плоскости достаточно равномерна, но в направлении излучающей оттяжки имеется усиление около 3 дБ (из-за ослабления излучения в направлении, экранируемом мачтой)

3.6 МНОГОДИАПАЗОННЫЕ НЕНАПРАВЛЕННЫЕ АНТЕННЫ

Антенно-фидерное устройство, хорошо работающее на нескольких любительских КВ диапазонах, можно создать, подключив к одному кабелю параллельно несколько диполей (в основном только диполь, длина которого равна половине длины волны используемого в данный момент диапазона, является нагрузкой кабеля) У диполей на более высокочастотные диапазоны входное сопротивление значительно больше 75 Ом, а у диполей на более длинноволновые диапазоны практически отсутствует излучение Многодиапазонная антенна из нескольких диполей приведена на рис 3 19

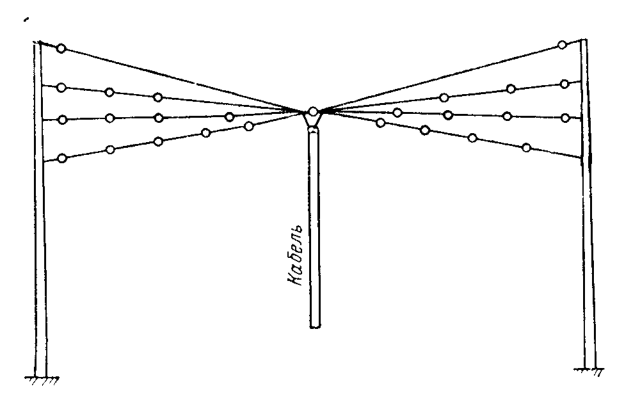


Рис 3.19. Параллельное включение диполей

Угол между соседними диполями достаточно иметь около 10 ... 15°. Высота подвеса антенны определяется необходимостью обеспечить хорошую работу наиболее длинноволновой из включенных параллельно антенн, т. е. должна быть не меньше $\lambda_н/8$, где $\lambda_н$ — длина волны самого низкочастотного диполя.

Влияние диполей антенны рис. 3.19 друг на друга мало, но не отсутствует полностью. Поэтому при ее изготовлении длины диполей необходимо уточнить по минимуму КСВ в кабеле, питающем антенну.

Проверенная на практике конструкция трехдиапазонной антенны из двух диполей приведена на рис. 3.20.

Коэффициент стоячей волны в кабеле с волновым сопротивлением 75 Ом, питающем антенну, выполненную по рис. 3.20, приведен в табл. 3.3.

Удовлетворительная работа антенны, состоящей из диполей на 40 и 80 м в диапазоне 15 м объясняется тем, что диполь на 40 м для диапазона 15 м имеет длину 0,75 λ и хорошо согласуется с кабелем.

Если имеется одиночный диполь на 40 м, выполненный по ранее данной рекомендации, то он обеспечивает и работу на диапазоне 15 м. В кабеле с волновым сопротивлением 75 Ом в диапазоне 40 м КСВ будет не более 1,5, а в диапазоне 15 м — не более 2. Если питание этой же антенны осуществить кабелем с волновым сопротивлением 100 Ом, то КСВ в диапазоне 40 м возрастет до 2, а в диапазоне 15 м снизится до 1,5.

Другой способ многодиапазонного использования диполя — отключение его части с помощью резонансных контуров. Пользующаяся большой популярностью у радиолюбителей-коротковолновиков многодиапазонная антенна этого типа для работы на диапазонах от 10 до 80 м — «W3DZZ» приведена на рис. 3.21.

Катушки индуктивности L1 и L2 одинаковые. Они могут быть намотаны на каркасе диаметром 50 мм (провод ПЭВ-2 1,5, шаг намотки около 2,5 мм, число витков 20). До подключе-

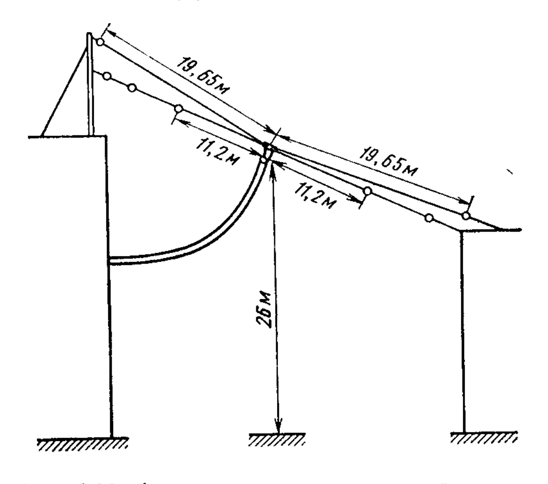


Рис. 3.20. Антенна из двух диполей для работы на диапазонах 15, 40 и 80 м

Таблица 3.3

Частота, Гц	3,5	3,57	3,65	7
КСВ	1,6	1,5	1,6	1,7

Продолжение

Частота, МГц	7,05	7,1	21	21,2	21,45
КСВ	1,4	1,9	2,8	2,5	2,2

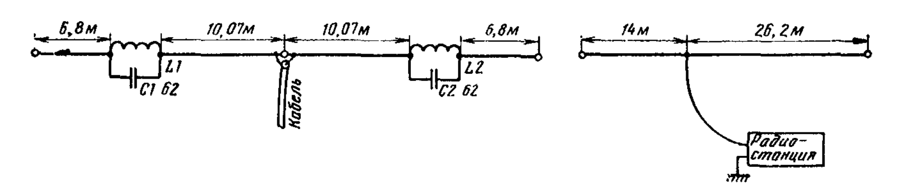


Рис. 3.21. Антенна W3DZZ

Рис. 3.22. Антенна VS1AA

ния контура к антенне он проверяется гетеродинным индикатором резонанса и подгоняется длина (или число витков) намотки L1 и L2 до получения резонанса на частоте 7050 кГц. Конденсаторы C1 и C2 должны быть рассчитаны на напряжение до 3000 В и реактивную мощность до 10 кВА. Учитывая, что контуры антенны «W3DZZ» не должны расстраиваться при изменении окружающей температуры почти на 100° С, элементы L1, L2, C1, C2 должны иметь температурные коэффициенты не более $100 \cdot 10^{-6}$. Желательно у конденсаторов иметь этот коэффициент отрицательным.

В довоенные годы у радиолюбителей-коротковолновиков была очень популярна многодиапазонная антенна VS1AA (советские радиолюбители ее обычно называют «американка»). Эта антенна для работы на диапазонах 10, 20, 40 и 80 м приведена на рис. 3.22.

Горизонтальная часть антенны VS1AA выполняется из медного провода диаметром около 3 мм, а питание антенны осуществляется одиночным медным проводом диаметром около 2 мм.

Неэкранированный фидер антенны VS1AA значительную часть мощности излучает сам (при длине фидера, равной длине диполя, — до 30 % подводимой мощности). Кроме того, для нормальной работы этой антенны необходимо хорошее заземление, которое очень трудно выполнить из-за индуктивного сопротивления провода заземления. Поэтому приведенная на рис. 3.22 антенна обычно не позволяет избавиться от помех, создаваемых радиоаппаратуре, расположенной в одном доме с радиостанцией, и в настоящее время практически не используется. Усовершенствованный вариант антенны VS1AA приведен на рис. 3.23. Питание антенны осуществляется с помощью коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом через высокочастотный трансформатор T1. Этот трансформатор должен быть намотан на тороидальном ферритовом магнитопроводе марки 20ВЧ (или с магнитной проницаемостью, близкой к 20) размерами не менее 50×25×10 мм. Намотка выполняется двумя параллельными проводами с хорошей высокочастотной изоляцией (можно применить провод в изоляции от коаксиального кабеля со снятым экраном). Сечение провода обмоток T1 должно быть не менее 2 мм², число витков 2×7, начало одного провода соединяют с концом другого, образуя соединенный с оплеткой фидера отвод.

Очень хорошие результаты можно получить при работе на всех любительских КВ диапазонах, используя симметричный диполь, питаемый двухпроводной симметричной воздушной фидерной линией (рис. 3.24).

Основное требование при изготовлении антенны по рис. 3.24 — точная симметрия размещения диполя (обе его половины должны быть на одной высоте по отношению к проводящим предметам, а его концы одинаково удалены от металлических мачт). Фидер должен быть расположен строго перпендикулярно к диполю, а его длина — не меньше, чем общая длина диполя. Важно, чтобы на самом длинноволновом диапазоне общая длина антенны была достаточно близка к 0,5 λ. Практическая проверка антенны с длиной диполя 2×30 м дала отличные результаты при работе на всех любительских КВ диапазонах, включая и диапазон 160 м. Воздушная двухпроводная фидерная линия выполняется из того же провода, что и горизонтальная часть антенны, например из биметаллического провода с медной поверхностью диа-

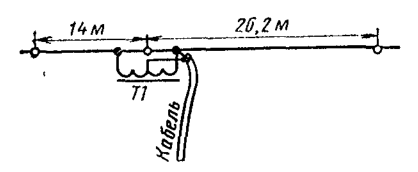


Рис. 3.23. Антенна VS1AA, питаемая коаксиальным кабелем

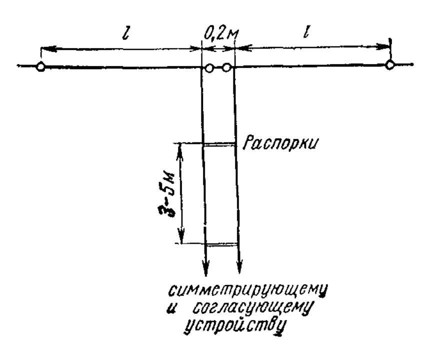


Рис. 3.24. Многодиапазонный диполь с питанием симметричной воздушной двухпроводной линией

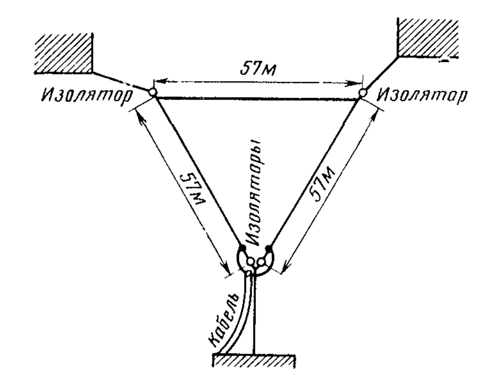


Рис. 3.25. Антенна «треугольник» для работы на всех любительских КВ диапазонах

метром 3 мм. Распорки желательно выполнить из фарфора, фторопласта или других высокочастотных диэлектриков.

При длине фидера до 50 м потери в нем, несмотря на высокое значение КСВ (никаких мер по его снижению не принято), практически незаметны.

Удобна для многодиапазонной работы антенна типа «горизонтальный треугольник». На рис. 3.25 приведена такая антенна для работы на всех любительских КВ диапазонах. Высота подвеса антенны на уровне крыш 12-этажных жилых домов. Размеры многодиапазонного треугольника тщательно подобраны ленинградскими коротковолновиками UV1AA и RA1AW. Значения КСВ в кабеле с волновым сопротивлением 75 Ом:

Частота, МГц	*КСВ*	*Частота, МГц*	*КСВ*
1,83	1,15	14	1,25
1,9	1,5	14,15	1,2
1,93	1,6	14,35	1,35
3,5	1,2	21	1,15
3,55	1,15	21,2	1
3,65	4,35	21,45	1,25
7	1,4	28	1,05
7,05	1,3	28,5	1
7,1	1,35	29,5	1,15
10,1	1,5		
10,12	1,7		
10,15	1,8		

Хотя основное излучение горизонтального треугольника направлено вертикально, он достаточно эффективно растет и при проведении дальних связей. С использованием антенны, показанной на рис. 3.25, проведены радиосвязи из Ленинграда на диапазоне 160 м с радиолюбителями Дальнего Востока и Северной Америки. Проведение связей на других диапазонах с радиолюбителями всех континентов в условиях хорошего прохождения также было успешным.

Для улучшения работы антенны типа «треугольник» при проведении дальних связей целесообразно подвесить ее наклонно к земной поверхности. Это легко сделать, используя в качестве точек крепления растяжек треугольника дома разной этажности или установив достаточно высокую мачту на одном из равноэтажных домов.

Включение симметрирующего устройства в точке подключения коаксиального кабеля к антенне типа «треугольник» необходимо только при несимметричном расположении кабеля по отношению к сторонам треугольника. При выполнении этой антенны в соответствии с рис. 3.25 необходимости в таком устройстве нет.

3.7. НАПРАВЛЕННЫЕ АНТЕННЫ

Использование направленных антенн значительно повышает возможность проведения интересных связей на КВ. При этом действуют сразу три фактора:

повышается мощность, излучаемая на корреспондента;

повышается сила принимаемых сигналов;

уменьшаются помехи от радиостанций, направление на которые не совпадает с направлением на корреспондента.

В результате переход от ненаправленной антенны к направленной коренным образом меняет возможность любительской радиостанции — связи, проводившиеся с большим трудом, осуществляются без всяких затруднений, связи, о которых до этого только удавалось услышать в эфире, становятся реальностью.

3.7.1. Неподвижные направленные антенны

Антенна, длина горизонтального излучения которой значительно больше длины волны, имеет многолепестковую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. По мере увеличения длины такой антенны ее излучение все более «прижимается» к направлению, совпадающему с проводом — излучателем. В профессиональной радиосвязи широко применяют однонаправленные антенны из длинных проводов — антенны бегущей волны. Радиолюбители-коротковолновики обычно используют двунаправленные антенны из длинных проводов. Такая антенна приведена на рис. 3.26. Два провода одинаковой длины подвешиваются параллельно земной поверхности и сходятся к точке подключения симметричного фидера под углом α. Направление максимума излучения — по биссектрисе угла α (одинаковое усиление в обе стороны). В табл. 3.4 приведены оптимальные значения угла α и достигаемое при этом усиление V-образной антенны в зависимости от отношения длин l к длине волны.

Таблица 3.4

Длина провода	3λ	4λ	6λ	8λ	10λ
Оптимальное значение	60°	50°	40°	35°	30°
Усиление, дБ	5	6	8	9	10

Из табл. 3.5 следует, что достаточно высокий выигрыш от применения V-образной антенны можно получить только на высокочастотных диапазонах — провода длиннее 300 м радиолюбителям подвесить обычно не удается. Поэтому усиление от V-образной антенны на диапазоне 80 м можно достигнуть только 5—6 дБ, но на диапазонах 10 и 15 м легко реализуется 10-кратный выигрыш по мощности.

Если имеется возможность установить несколько таких антенн, то переключением фидеров достигается быстрое изменение оптимального направления на корреспондента.

Используя антенны из длинных проводов, следует учитывать, что они прекрасно принимают сигналы радиостанций, работающих во всем диапазоне радиоволн, включая и сигналы мощных вещательных радиостанций, работающих на средних волнах. Если подключить к входу фидера этой антенны высокочастотный широкополосный вольтметр, то его показания будут составлять единицы вольт. Мощность, принимаемая протяженной антенной, может оказаться достаточной для свечения нити, подключенной к фидеру лампочки от карманного фонаря. Поэтому входная цепь приемника, работающего от протяженной антенны, должна иметь хорошую избирательность — в этом случае необходим как минимум двухконтурный преселектор.

На рис. 3.27 приведена направленная антенная система, состоящая из двух полуволновых диполей, подвешенных на расстоянии 0,25 λ друг от друга. От каждого диполя идет коаксиальный кабель. Длины кабелей l_1 и l_2 должны быть равны (или отличаться от электрической длины на целое число половин длины волны). К кабелю от диполя ± 2 подключен отрезок, электрическая длина которого равна 0,25 λ (у отрезков коаксиальных кабелей с полиэтиленовой изоляцией «электрическая длина» в 1,5 раза больше их физической длины). Диполи № 1 и № 2 питаются от общего согласущего устройства. Задержка фаз электромагнитного поля при распространении энергии от диполя № 1 к диполю № 2 с учетом разной задержки в кабелях приводит к сложению полей, создаваемых диполями, а при распространении энергии от диполя ± 1 к диполю ± 2 — к их вычитанию. В результате излучение происходит только в показанном на рис. 3.27 направлении. С учетом направленности самих диполей (они не

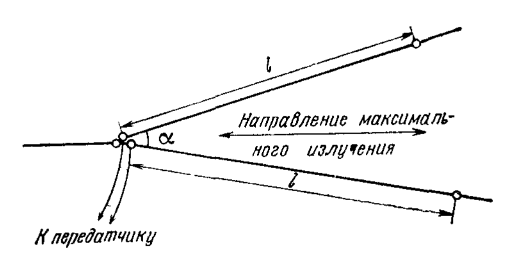


Рис. 3.26. V-образная направленная антенна

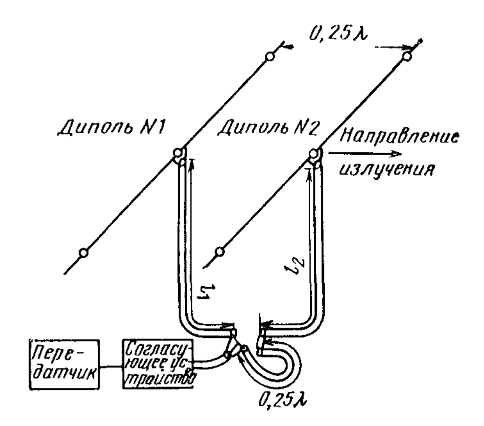


Рис. 3.27. Система из двух фазируемых полуволновых диполей

излучают в направлении, перпендикулярном стрелке на рис. 3.27) усиление двух фазируемых диполей достигает 6 дБ. Если отрезок кабеля длиной 0,25 λ переключить в кабель, питающий диполь № 1, направление излучения изменится на обратное. Антенна, показанная на рис. 3.27, имеет отношение усиления вперед-назад до 30 дБ (оно зависит от тщательности подбора длины фазирующего отрезка кабеля). Отношение вперед-вбок больше 40 дБ. Если диполи подключены к коаксиальным кабелям с волновым сопротивлением 75 Ом, то при КСВ в этих кабелях, равном 1, входное сопротивление антенной системы в точке соединения кабелей будет 37,5 Ом и от этой точки к согласующему устройству (или просто к передатчику) целесообразно подключить коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом.

В качестве излучателей антенн, фазируемых благодаря равной длине питающих кабелей, можно использовать и антенны типа «GROUND PLANE» или вертикальные диполи. Расстояние между отдельными антеннами должно быть соизмеримо с 0,25 λ. Используя большое число ненаправленных излучателей, расположенных по окружности, и тщательно фазируя эти излучатели, можно получить очень эффективную антенну с быстрым изменением направления излучения. Именно такую антенную систему успешно использует неоднократный чемпион СССР по радиосвязи на коротких волнах UA1DZ.

3.7.2. Поворотные направленные антенны

Поворотная направленная антенна позволяет: максимум диаграммы направленности направлять на корреспондента, при необходимости ослаблять помеху, направив на нее один из глубоких минимумов диаграммы направленности.

Простыми в изготовлении, надежными в эксплуатации и позволяющими получить хорошие характеристики направленности являются антенны «волновой канал». Такая антенна представляет собой несущую траверсу, на которой укреплены полуволновые диполи (рис. 3.28). На один из них подается напряжение питания, а остальные являются пассивными элементами. Необходимое соотношение фаз токов в диполях волнового канала достигается подбором расстояний между элементами их длин. По расположению относительно активного элемента пассивные носят название *рефлекторов* и *директоров*. Рефлекторы располагаются за активным элементом, а директоры перед ним. Использование более чем одного рефлектора в радиолюбительской практике крайне редко, число директоров может быть достаточно велико.

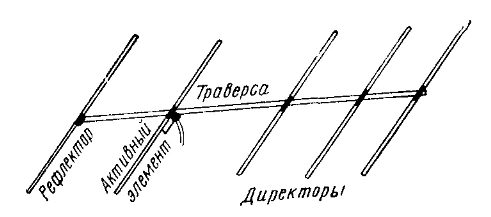


Рис. 3.28. Антенна «волновой канал»

Простота изготовления и высокая надежность антенн типа «волновой канал» обусловлены тем, что они могут быть выполнены в виде цельнометаллической конструкции — элементы крепятся к металлической траверсе точно по их центру, где напряжение равно нулю и никакой изоляции не требуется.

Питание активного элемента цельнометаллической антенны осуществляется с помощью γ- или Ω-согласователей, схемы и конструкция которых показаны на рис. 3.29 и 3.30. Эти устройства обеспечивают согласование симметричного диполя — активного элемента антенны — с несимметричным коаксиальным кабелем. β-согласователь содержит только один подстроечный конденсатор C1, который компенсирует индуктивное сопротивление петли питания диполя. Подбор величины связи осуществляется перемещением подвижной перемычки. Ω-согласователь имеет фиксированную длину петли связи с диполем, и связь регулируется конденсатором C2. Конденсатор C1, как и в γ-согласователе, компенсирует индуктивность петли связи.

Рекомендуемые данные для γ- и Ω-согласователей приведены в табл. 3.6, где указаны их характеристики для диапазонов 10, 15, 20, 30 и 40 м. Уже на диапазоне 40 м создать радиолюбителю достаточно надежную антенну «волновой канал» чрезвычайно трудно, а для более длинноволновых диапазонов — невозможно. Приведенные в табл. 3.6 диаметры труб активных элементов антенн «волновой канал» предполагают их изготовление из твердого алюминиевого

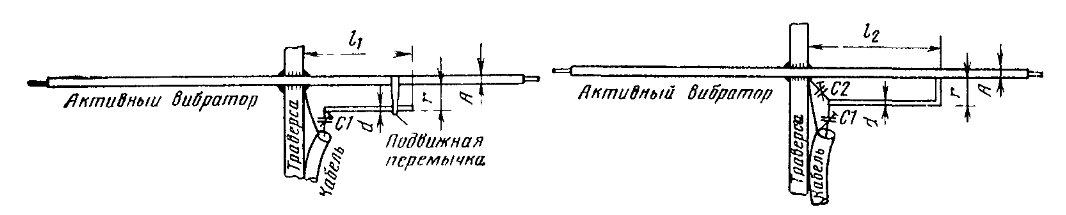


Рис. 3.29. «γ»-согласователь

Рис. 3.30. «Ω»-согласователь

Таблица 3.6

Обозначение и наименование элементов согласователей	Диапазон, м				
	10	15	20	30	40
l_1 — полная длина согласующего элемента γ-согласователя, мм	750	1000	1500	2000	3000
l_2 — длина согласующего элемента Ω-согласователя, мм	500	750	1000	1500	2000
r — расстояние между согласующим элементом и вибраторами	100	120	150	200	250
d — диаметр согласующего элемента, мм	5	8	10	12	18
D — ддиаметр активиого вибратора, мм	20	26	32	40	50
C1 — максимальная емкость настройки согласующего элемента γ- и Ω-согласователей, пФ	75	100	150	200	300
C2 — максимальная емкость конденсатора регулировки связи Ω-согласователя, пФ	35	35	50	75	100

Таблица 3.7

Обозначение и наименование размеров (рис. 4.31)	Диапазон, м				
	10	15	20	30	40
$L_д$ — длина директора, м	4,65	6,35	9,65	12,3	19,4
L_a — длина активного элемента, м	5,05	6,85	10,25	13	20,5
$R_д$ — расстояние от активного элемента до директора, м	1,3	1,7	2,6	3,3	5,2
T — диаметр траверсы, мм	42	40	50	60	80

сплава (например, Д16Т) при толщине стенок 1,5 .. 2 мм. Антенны для диапазонов 10 и 15 м можно выполнить из элементов одинакового диаметра. На более длинноволновых диапазонах целесообразно сделать элементы составными: на диапазоне 20 м из двух диаметров труб (32 в центре диполя, 26 мм на его концах), а на диапазонах 30 и 40 м целесообразно аналогично применить два-три диаметра труб для диполей.

Для предотвращения разрушения элементов антенн типа «волновой канал» из-за их вибраций под влиянием ветра внутрь труб следует свободно уложить пеньковую (очень шероховатую) веревку толщиной около 1/3 внутреннего диаметра самой тонкой из труб элемента антенны. Трение этой веревки о стенки труб антенны исключают возникновеиие «флаттера».

Простейшей антенной «волновой канал» является 2-элементиая. Лучшие результаты у такой антенны можно получить при использовании пассивного элемента, работающего в качестве директора (рис. 3.31). Рекомендуемые данные антенны (рис. 3.31) приведены в табл. 3.7. Толщина стенок траверсы 2 ... 2,5 мм.

Диаметр труб, из которых изготавливаются диполи, соответствуют диаметрам активного элемента, приведенным в табл. 3.6. Двухэлементная антенна «волновой канал», выполненная в соответствии с табл. 3.6 и 3.7, не требует регулировки размеров элементов и расстояния между ними. После установки антенны необходимо только отрегулировать γ-или Ω-согласователь до получения минимума КСВ в кабеле (для питания антенны можно применить коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50, 75 или 100 Ом).

Рассмотренная антенна дает усиление около 5 дБ и обеспечивает отношение вперед-назад около 15 дБ и вперед-вбок около 30 дБ.

Значительно лучшие характеристики имеет 3-элемеитная антенна «волновой канал» (рис. 3.32). Следует отметить, что с увеличеиием числа элементов у антени «волиовой канал» дополнительный выигрыш в основной характеристике (усилении) растет достаточно заметно при переходе от двух элементов к трем, а уже появление четвертого и последующих элементов такого

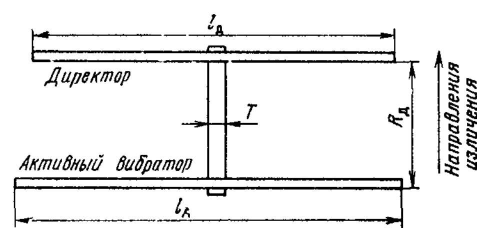


Рис. 3.31. 2-элементная антенна «волновой канал»

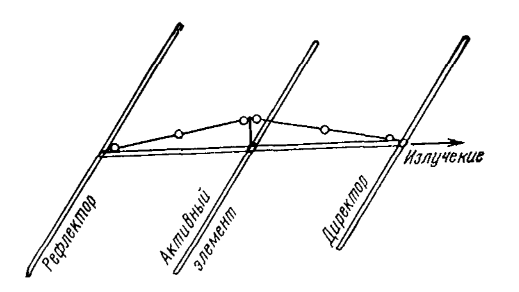


Рис. 3.32. 3-элементная антенна «волновой канал»

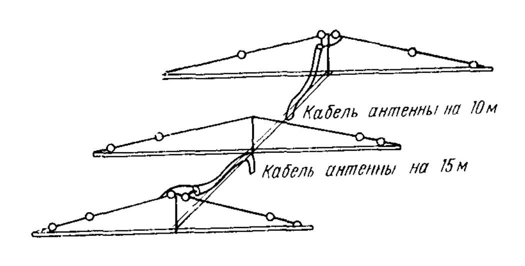


Рис. 3.33. Антенна на диапазоны 10, 15, 20 м на базе 3-элементной антенны «волновой канал» на 20 м

заметного увеличения не дают. Поэтому 3-элементная антенна «волновой канал» наиболее популярна у радиолюбителей-коротковолновиков.

Рекомендуемые размеры 3-элементных антенн «волновой канал» приведены в табл. 3.8. Для придания прочности траверсе она растягивается через подпорку над активным элементом (рис. 3.32). Высота подпорки 0,5 ...1 м. Растяжка разбивается на три — четыре изолированных отрезка. Как и 2-элементная, 3-элементная антенна «волновой канал», выполненная точно по рекомендуемым размерам, требует после установки только регулировки согласования.

Полноразмерный 3-элементный волновой канал (с размерами в соответствии с табл. 3.8) имеет усиление до 8 дБ, отношение вперед-назад — до 25 дБ, вперед-вбок — около 40 дБ.

Еще более высокие характеристики имеют антенны «волновой канал» с большим числом элементов. Хорошо зарекомендовавшие себя на практике 4-и 5-элементные антенны этого типа для диапазона 20 м имеют размеры:

4-элементные антенны

Наименование размеров	*Размер, м*
Длина рефлектора	11,12
Длина активного элемента	10,64
Длина 1-го директора	9,93
Длина 2-го директора	9,72
Расстояние рефлектор — активный элемент	3,12
Расстояние активный элемент — 1-й директор	2,25
Расстояние 1-й директор 2-й директор	2,43

5-элементные антенны

Наименование размеров	*Размер, м*
Длина рефлектора	10,81
Длина активного элемента	10,39
Длина 1-го директора	9,96
Длина 2-го директора	9,75
Длина 3-го директора	9,54
Расстояние рефлектор — активный элемент	4,25
Расстояние активный элемент — 1-й директор	2,12
Расстояние 1-й директор 2-й директор	2,12
Расстояние 2-й директор 3-й директор	2,12

Большой интерес представляет изготовление на одной траверсе антенн «волновой канал» на несколько диапазонов. Пример такой антенны показан на рис. 3.33. На антенне «волновой канал» на диапазоне 20 м, выполненной точно по табл. 3.8, дополнительно установлены антенны на диапазоны 10 и 15 м. Для этого в точке крепления директора установлена подпорка высотой 1260 мм, в точке крепления активного элемента — высотой 1340 мм, а в точке крепления рефлектора — высотой 1420 мм. Над активным элементом натянут диполь длиной 2×2,5 м

Таблица 3.8

Наименование размеров	Диапазон, м		
	10	15	20
Длина директора, м	4,8	6,4	9,6
Длина активного элемента, м	5,1	6,8	10,2
Длина рефлектора, м	5,4	7,2	10,8
Расстояние директор — активный элемент, м	1,6	2	3,2
Расстояние активный элемент — рефлектор, м	1,6	2	3,2
Диаметр траверсы, мм	40	50	60

(центр его соединен с распоркой, а концы отсечены изоляторами). Он является рефлектором антенны на диапазон 10 м и директором антенны на 15 м. Актиный элемент антенны диапазона 10 м растянут над директором и имеет длину 2·2,13 м. Активный элемент диапазона 15 м растянут над рефлектором и имеет длину 2×3 м. Питание активных элементов 10 и 15 м диапазона выполнено простым подключением коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом (основная антенна на 20 м питается по отдельному кабелю через Ω-согласователь). При указанных размерах антенны КСВ в кабелях питания атенны диапазона 10 м не более 1,25 в полосе 28 000—28 700 кГц и возрастает до 1,8 на частоте 29 700 кГц. В кабеле питания антенны диапазона 15 м КСВ может быть до 1,35. Направление излучения антенн диапазонов 10 и 15 м совпадает с направлением излучения основной антенны. Отношение вперед-назад около 10 дБ, вперед-вбок - около 30 дБ. В описанной конструкции введение антенн 10 и 15 м диапазона не ухудшает электрических характеристик основной антенны и одновремено улучшает ее механическую прочность.

Устанавливать на одну траверсу антенны диапазонов 20 и 10 м нельзя, так как элементы антенны диапазона 20 м, резонируют и на диапазоне 10 м. А вот совместить таким образом антенны на диапазоны 10 и 15 или на 15 и 20 м можно. На рис. 3.34 приведена антенна, совмещающая 5-элементный волновой канал на диапазон 20 м с 4-элементным волновым каналом на диапазон 15 м Считая от левого (по рис. 3.34) конца антенны, элементы имеют следующие размеры: 3-й директор на 20 м — 9,46 м, 2-й директор на 15 м — 6,31 м, 2-й директор на 20 м— 9,55 м, 1-й директор на 15 м — 6,51 м активный элемент на 15 м — 6,76 м, 1-й директор на 20 м — 9,73 м, рефлектор на 15 м—7,11 м, активный элемент на 20 м — 10,2 м, рефлектор на 20 м - 10,84 м. Расстояние между элементами, начиная с 3-го директора на 20 м: 2,57; 1,29; 1,31; 1,7; 0,65; 1,45; 1,6 и 3,66 м.

На рис. 3.35 приведена антенна, совмещающая 4-элементный волновой канал на диапазон 15 м и 3-элементный — на 10 м. Считая от левого (по рис. 3.35) конца антенны, элементы имеют следующие размеры: 2-й директор на 15 м — 6,46 м, 2-й директор на 10 м — 4,88 м, 1-й директор на 15 м — 6,57 м, активный элемент на 10 м — 5,12 м, активный элемент на 15 м — 6,9 м, рефлектор на 10 м — 5,19 м и рефлектор на 15 м — 7,38 м. Расстояние между элементами, считая от 2-го директора на 15 м: 0,95; 0,95; 0,56; 0,915; 1,03 и 1,03 м.

Как и обычные горизонтальные диполи, антенны «волновой канал» для работы с дальними корреспондентами должны быть подняты на достаточно большую высоту - минимальное

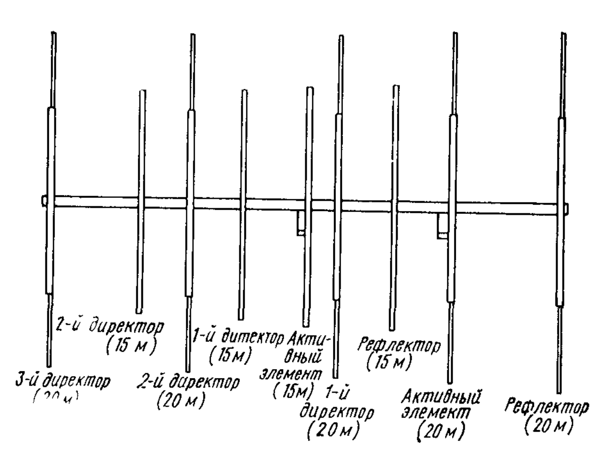


Рис. 3.34 Волновой канал на диапазоны 15 и 20 м

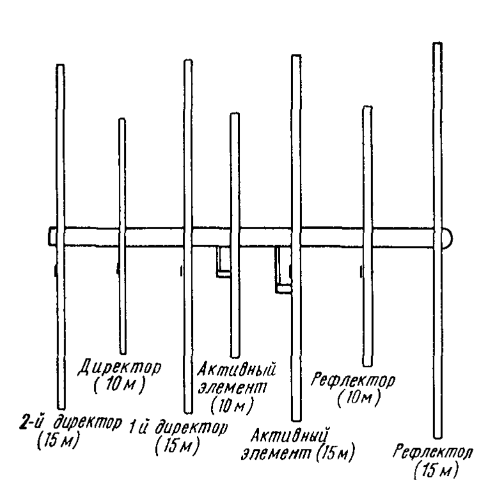


Рис. 3.35. Волновой канал на диапазоны 10 и 15 м

Рис. 3.36. Антенна «квадрат»

расстояние от антенны до проводящей поверхности (крыши, земли) 0,5 λ, но действительно хорошие результаты получаются при увеличении высоты до λ.

Необходимость очень высоко поднимать поворотную направленную антенну отпадает при выполнении ее элементов в виде замкнутых контуров, образующих двухэтажные антенны с хорошей диаграммой направленности в вертикальной плоскости. Простейшая из таких антенн — квадрат (рис. 3.36). Оптимальная высота подъема ее центра над проводящей поверхностью 0,5 λ.

Антенна типа «квадрат» представляет собой два полуволновых диполя, части которых, каждая длиной 0,25 λ, расположены горизонтально, а оставшиеся части отогнуты под прямым углом и соединены между собой, обеспечивая фазирование диполей для максимального излучения вдоль горизонта. В горизонтальной плоскости «квадрат» имеет такую же характеристику, как и обычный диполь; вдоль плоскости «квадрат» излучения отсутствует, перпендикулярно его плоскости оно максимально и одинаково в обоих направлениях. При показанном на рис. 3.36 питании «квадрата» он изучает электромагнитные волны с горизонтальной поляризацией. Иногда используют «квадраты» с питанием посередине вертикальной части (конструктивно это менее удобно). Такая антенна будет иметь вертикальную поляризацию.

Одноэлементные антенны типа «квадрат» иногда применяются радиолюбителями в качестве эффективных антенн на длинноволновые диапазоны. На диапазонах 10, 15 и 20 м широко используются многоэлементные «квадраты», имеющие однонаправленную диаграмму в горизонтальной плоскости. Очень хорошие результаты достигаются уже при применении только двух квадратов — радиолюбители называют такую антенну «двойной квадрат» (рис. 3.37), — ее можно выполнить и для диапазона 30 м. Квадраты антенн, представленные на рис. 3.37, и 3.36, отличаются разворотом рамки на 45°. Это никак не отражается на характеристиках антенны.

«Двойной квадрат» имеет наилучшие характеристики при использовании второго элемента в качестве рефлектора. Элементы «двойного квадрата» выполняют из медного (можно изолированного, что улучшит его стойкость к воздействию атмосферы) провода диаметром 2,5 ... ... 3 мм. Распорки элементов должны быть выполнены из изоляционного материала. Для этого радиолюбители с успехом используют бамбуковые палки, сосновые шесты. Можно выполнить распорки и из металлических труб, разбив горизонтальные распорки изоляторами на 4—5 равных частей. У всех металлических распорок на концах должны быть установлены изоляторы.

Питание активного элемента двойного квадрата производится коаксиальным кабелам с волновым сопротивлением 75 Ом. Кабель необходимо разместить в вертикальной плоскости, проходящей через ось антенны.

Оба элемента двойного квадрата (рис. 3.37) имеют одинаковые размеры. Для того, чтобы второй элемент работал рефлектором, он удлинен отрезком двухпроводной линии регулируемой длины.

Рекомендуемые размеры антенн «двойной квадрат» приведены в табл. 3.9.

Для настройки антенны «двойной квадрат» ее необходимо развернуть рефлектором на мощный источник сигнала с горизонтальной поляризацией (например, на антенну ближайшей

Таблица 3.9

Обозначение и наименование	Диапазон, м			
	10	15	20	30
A — диагональ рамок, м	3,75	5,05	7,6	10,55
l — расстояние между рамками, м	2	3	4	6
b - полная длина регулировочной линии, м	0,65	0,85	1,3	2
d - - расстояние между проводами регулировочной линии, мм	100	150	200	200

любительской радиостанции). К выходу кабеля подключают приемник, имеющий S-метр, который настраивают на частоту контрольного сигнала. Перемычку регулировочной линии перемещают до достижения минимума показаний S-метра.

После настройки рефлектора целесообразно проверить КСВ в фидере. Он должен иметь минимум (обычно при значении КСВ не более 1,5) на центральной частоте рабочего диапазона. Если минимум КСВ смещен, необходимо изменить общую длину активного элемента. После этого необходимо снова уточнить настройку рефлектора. Хорошо отрегулированная антенна «двойной квадрат», центр которой поднят над проводящей поверхностью не менее чем на 0,5 λ, имеет усиление при проведении дальних связей до 10 дБ (т. е. лучше, чем трехэлементный волновой канал), ослабление излучения назад 15 ... 20 дБ, вбок 30 ...40 дБ. Еще более высокие характеристики имеют трехэлементные квадраты. Выбор размеров и регулировка таких антенн дело очень сложное — настройка пассивных элементов влияет на активный элемент и друг на друга.

Можно уверенно рекомендовать для повторения тройной квадрат для диапазона 20 м (рис. 3.38), отработанный и длительное время с успехом эксплуатировавшийся известным советским коротковолновиком А. Ф. Камалягиным (UA4IF).

Активный элемент и директор антенны UA4IF не имели регулировочных элементов, так как их длина была тщательно подобрана: общая длина активного элемента 21, 48 м, директора — 20,8 м. Рефлектор имел общую длину 22,2 м и подстраивался двухпроводной линией длиной 0,4 м. Питание активного элемента кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом.

Показаниая на рис. 3.38 высота антенны над крышей меньше 0,5 λ Но это конструктивный размер, так как антенна была установлена над крышей из непроводящего материала.

Антенны с элементами типа «квадрат» можио сделать многодиапазонными. Так как элементы одного назначения разных диапазонов легко при этом расположить в разных плоскостях, влияние антенн одного диапазона на другой оказывается значительно меньшим, чем у антенн «волновой канал» с расположением всех элементов на общей траверсе. Удобная конструкция антенны «двойной квадрат» на диапазоны 10,15 и 20 м приведена на рис. 3.39.

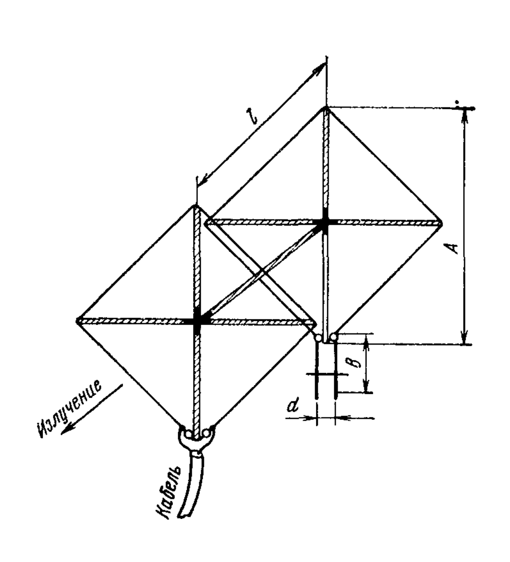


Рис. 3.37. Антенна «двойной квадрат»

Рис 3.38 Тройной квадрат UA4IF

Таблица 3.10

Обозначение и наименование	Диапазон, м		
	10	15	20
A — сторона активного элемента, м	3,56	4,81	7,22
R — сторона рефлектора, м	3,65	4,93	7,4
l — расстояние между элементами, м	0,65	0,85	1,3

Каждая из антенн (рис. 3.29) имеет размеры, соответствующие табл. 3.9. Все активные элементы питаются отдельными коаксиальными кабелями, каждый рефлектор настраивается своей регулировочной линией. Конструктивно 3-диапазонная антенна «двойной квадрат» выполнена на восьми изоляционных распорках, скрепленных в центре на жестком металлическом креплении. Такая антенна оказывается достаточно прочной при дополнительной ее растяжке между концами распорок изоляционным шнуром (или проводом, разбитым через 1 м изоляторами).

Антенны из элементов типа «квадрат» получили свое развитие в антеннах из элементов измененной формы. Элементы такой антенны можно выполнить в виде треугольников. Хотя при равной общей длине проводника элемента площадь квадрата больше, чем у треугольника, эффективность антенн, выполненных из треугольных элементов, практически такая же, как и у выполненных из квадратных. Антенна «двойной треугольник» изображена на рис. 3.40. Ее достоинство в том, что она полностью выполнена из труб и проводов без применения изоляционных несущих материалов. Оба элемента антенны рис. 3.40 представляют собой равносторонние треугольники. Верхние горизонтальные стороны этих треугольников изготовлены из провода диаметром 3 ... 5 мм, остальные — из труб, жестко укрепленных на концах металлической траверсы. Диаметры труб элементов и траверсы такие же, как рекомендованные для двухэлементной антенны «волновой канал». Данные γ-согласователей должны соответствовать табл. 3.6. Рекомендуемые размеры антенны «двойной треугольник» приведены в табл. 3.10.

В отличие от антенны «двойной квадрат», «двойной треугольник» (рис. 3.40) не имеет элемента настройки рефлектора и отношение усиления вперед-назад определяется только точностью выполнения размеров элементов антенны.

γ-согласователь регулируется по минимуму КСВ на середине рабочего диапазона частот. Для питания антенны «двойной треугольник» с γ-согласователем можно использовать коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50, 75 или 100 Ом.

Еще одна модификация антенны «двойной квадрат» с исключением изоляционных распорок — антенна «птичья клетка». Во всех известных пособиях по антеннам для радиолюбителей размеры этой антенны приведены ошибочно; из-за сильного влияния элементов антенны друг на друга (участки с максимальными токами активного элемента и директора расположе-

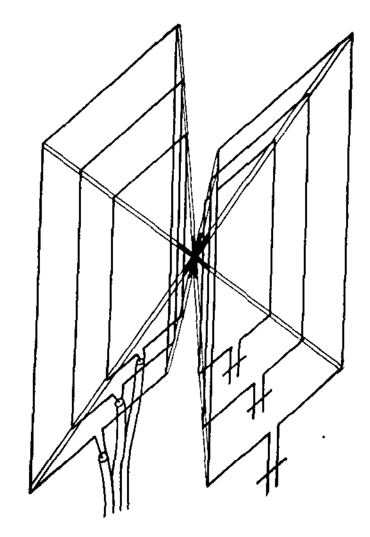


Рис. 3.39. Антенна «двойной квадрат» на 10, 15 и 20 м

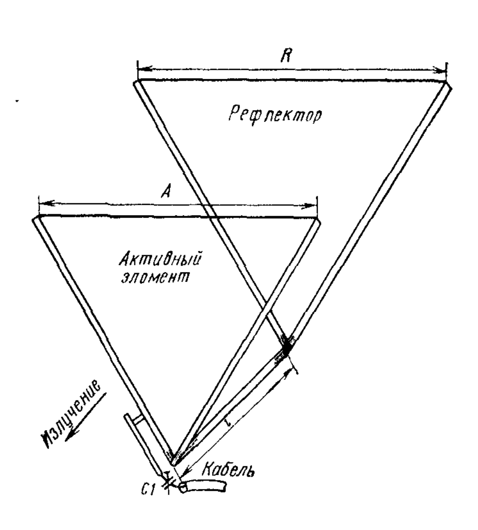


Рис. 3.40. Антенна «двойной треугольник»

ны в непосредственной близости) для нормальной работы общая длина рамок должна быть существенно больше величины λ, которая указывается в описаниях этой антенны.

На рис. 3.41 приведена конструкция антенны «птичья клетка» для диапазона 20 м. Антенна выполнена из вертикальной трубы диаметром 80 мм и высотой 12,2 м. Сверху этой трубы и на высоте 7 м над основанием с помощью текстолитовых стержней укреплены по четыре дюралевые трубки диаметром 20 мм. Длина изолирующих отрезков текстолита по 40 мм. В плане между трубами диаметром 20 мм углы равны 90°. Концы этих труб соединены медными проводами диаметром 3 мм. Наверху трубы, отходящие от вертикальной трубы, соединены попарно перемычками так, что образуются два рамочных элемента, согнутых под углом 90°. Горизонтальные трубки поддерживаются сверху растяжками. Один из этих элементов питается снизу коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом, а другой настраивается как директор с помощью конденсатора с максимальной емкостью 250 пФ.

При точной настройке директора отношение усиления вперед-назад достигает 25 дБ. Антенна «птичья клетка», выполненная в соответствии с рис. 3.41, имеет более узкую диаграмму в горизонтальной плоскости, чем антенна «двойной квадрат». Но, в отличие от последней, имеет два паразитных лепестка в заднем направлении, расположенных симметрично между направлениями «назад» и «вбок». Ослабление усиления в этих лепестках по сравнению с усилением вперед — около 7 дБ

Рис 3.41. Антенна «птичья клетка»

3.7.3. Устройства для вращения антенн

Реализовать все достоинства поворотной направленной антенны можно, только обеспечив удобное управление ее вращением от пульта, установленного на радиостанции.

В качестве привода антенны наиболее целесообразно использовать механизм от отслужившей свой срок радиолокационной станции. Очень удобен, например, для этой цели редуктор от антенны радиолокационной станции П-10. Он обеспечивает поворот антенны без ограничения, так как имеет три токосъема для передачи мощности ВЧ, согласованные с коаксиальным кабелем (на коротких волнах с этими токосъемами можно использовать кабели с волновым сопротивлением 50, 75 и 100 Ом). Для индикации положения антенны используется установленный в этом редукторе сельсин, рассчитанный на питание напряжением с частотой 50 Гц.

Если редуктор устанавливается наверху специальной фермы, сложностей с креплением этой фермы оттяжками не возникает. Необходимо только учитывать, что, хотя устойчивость антенны обеспечивается и при трех оттяжках, минимальное их число должно быть не меньше четырех при точном равенстве углов между оттяжками (рис. 3.42). В этом случае, если точка опоры мачты ниже точек крепления оттяжек, при случайном обрыве одной оттяжки паде-

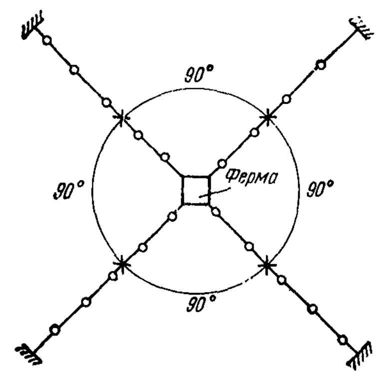


Рис. 3.42. Крепление фермы с редуктором оттяжками

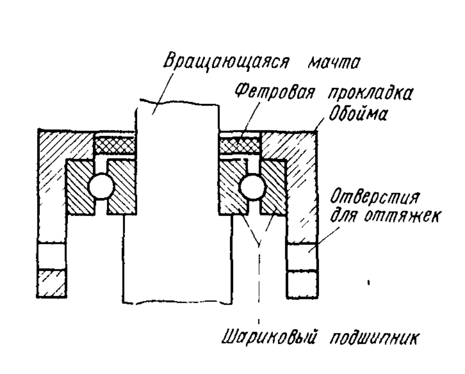


Рис. 3.43. Устройство для крепления оттяжек вращающейся мачты

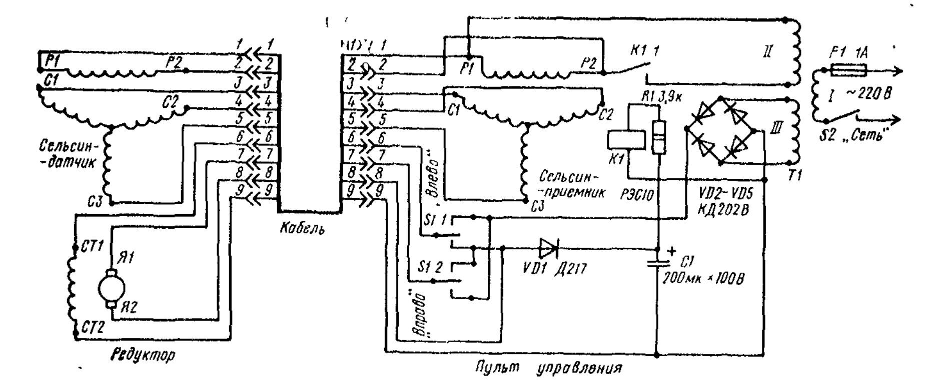


Рис. 3.44. Схема управления поворотом антенны

ния антенны не произойдет, так как при ее наклоне от оборванной оттяжки начнут «работать» две соседние.

При установке редуктора на крыше или земле мачта, на которой установлена антенна, должна вращаться. Для этого оттяжки крепятся к мачте через устройство, показанное на рис. 3.43. Фетровая прокладка, закрывающая подшипник сверху, обильно покрывается смазкой, что обеспечивает защиту устройства от дождя и снега.

Пример схемы управления поворотом антенны приведен на рис. 3.44. Устройство, сделанное по этой схеме, обеспечивает работу редуктора от радиолокатора П-10. Время оборота антенны на 360° около 1,5 мин.

Для питания редуктора используется трансформатор Т1. Обмотка II этого трансформатора питает сельсины редуктора и индикаторный сельсин пульта управления, на котором укреплен указатель направления антенны. Обмотка III питает через выпрямитель, собранный на диодах VD2 — VD5, двигатель редуктора, включенный для уменьшения числа оборотов по сериесной схеме.

При показанном на схеме рис. 3.44 положении переключателя S1 направление вращения антенны (тумблер на два положения, два направления, «нейтральным» центральным положением, например, типа ВТ3) сельсины н мотор обесточены. При включении S1 в одно из положений подается напряжение питания на последовательно соединенные якорь и обмотку возбуждения мотора редуктора. Напряжение, приложенное к якорю за несколько микросекунд, заряжает через VD1 конденсатор С1 и реле К1 срабатывает, подавая напряжение питания на сельсины. После окончания включения вращения антенны S1 устанавливается в нейтральное положение, но из-за медленного разряда С1 через R1 и обмотку реле К1 последнее остается включенным еще на 2—3 с. За это время движение антенны прекратится и после снятия напряжения питания указатель направления антенны останется в нужном положении. Автоматическое отключение питания сельсинов сделано для исключения достаточно интенсивного гудения сельсина — индикатора, питаемого напряжением с частотой 50 Гц.

Изменение направления вращения антенны обеспечивается изменением направления включения обмотки возбуждения мотора. Реле К1 должно срабатывать при токе через обмотку не более 10 мА — годится РЭС10 с паспортом РС4. 524.30.

Трансформатор Т1 имеет магнитопровод Ш32, набор 35 мм. Обмотка I — 1200 витков (провод ПЭВ-2 0,55); обмотка II — 600 витков (провод ПЭВ-2 0,35); обмотка III — 700 витков (провод ПЭВ -2 0,72).

3.8. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ТИПА АНТЕННЫ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ КВ РАДИОСТАНЦИИ

Антенна любительской КВ радиостанции — это достаточно громоздкое и трудоемкое в изготовлении сооружение. В отличие от остального оборудования радиостанции ее нельзя при необходимости быстро заменить. Поэтому, прежде чем приступать к постройке такой антенны, надо тщательно взвесить свои желания и возможности. Нельзя полагаться на часто встречающиеся в литературе для радиолюбителей описания высоких результатов, достигнутых с помощью малогабаритных и, следовательно, легко сооружаемых антенну. Усиление, которое может дать любая антенна, определяется выражением

$$G \quad (4\pi S_{эф})/\lambda^2,$$

где $S_{эф}$ — эффективная площадь антенны.

Следовательно, если с помощью укорачивающих катушек, свертывания проводов антенны и тому подобных изменений ее размеры уменьшены, усиление такой антенны обязательно снизится пропорционально квадрату уменьшения линейных размеров.

Высокие результаты, достигнутые с помощью малогабаритных антенн, обычно являются случайным совпадением момента подключения такой антенны с исключительно благоприятными условиями прохождения КВ.

Антенны любительских КВ радиостанций могут явиться источником повышенной опасности. Поэтому необходимо обязательно соблюдать следующие правила:

1. Нельзя протягивать провода антенны над линиями электропередач, включая провода радиотрансляции. При обрыве такая антенна может подключиться к находящемуся под напряжением проводу и свисающий ее конец станет смертельно опасным для человека.
2. Высота антенны должна быть разумно ограничена. Любая мачта или ферма, установленная на крыше дома, не должна при падении оказаться за ее периметром.
3. Надо учитывать возможность разрушения антенны сильным ветром. Все ее части должны быть связаны друг с другом так, чтобы в этом случае они не разделились.
4. Высокие мачты и фермы антенн должны быть надежно заземлены.

4. КОРОТКОВОЛНОВОЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

4.1. ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ СВЯЗЬ НА КОРОТКИХ ВОЛНАХ И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ

В многочисленных документах Международного союза электросвязи (МСЭ или ITU), рассматривающих различные аспекты профессионального использования радиосредств (связь, навигация, локация и т. д.), нет-нет да и промелькнет термин «радиолюбительская служба». Каким же образом любители попали в чисто профессиональные документы?

Коротковолновое радиолюбительское движение зародилось в начале 20-х годов. В то время считалось, что радиоволны короче 200 м непригодны для использования в профессиональных целях. На частотах выше 1,5 МГц велись в основном различные эксперименты, в том числе и радиолюбителями, которые работали с энтузиазмом и вскоре убедительно доказали, что КВ можно использовать для радиосвязи со всеми странами Земли, даже на передающей аппаратуре небольшой мощности. Затем последовало интенсивное освоение этого диапазона профессионалами. На долгие десятилетия (до появления спутниковых систем) КВ были по существу единственным диапазоном для дальней радиосвязи и международного радиовещания. Они и теперь широко используются для связи различными подвижными службами (морским флотом, авиацией и т.п.). Для радиолюбителей выделили небольшие участки, так называемые любительские КВ диапазоны. А в международном «Регламенте радиосвязи» появилось уже упоминавшееся выше понятие «радиолюбительская служба» (иными словами — коротковолновое радиолюбительство): *служба радиосвязи, имеющая целью самоподготовку, связь и механические исследования, которые проводятся любителями, т. е. лицами, имеющими на это специальное разрешение и заинтересованными в радиотехнике только с личными целями, без какой-либо денежной выгоды.*

Радиолюбительская связь на КВ и ультракоротких волнах (УКВ) — это одно из интереснейших увлечений, которому посвящают свой досуг свыше двух миллионов человек во всех уголках нашей планеты. В этом занятии сочетаются и радость технического творчества, и романтика путешествий по странам и континентам, и особая острота ощущений, характерных для спорта. Действительно, разве не доставит вам удовольствие своими руками собрать аппарат, с помощью которого можно поговорить с другими радиолюбителями, находящимися от вас иа расстоянии нескольких тысяч километров? И разве не увлекательна «охота» за связями с любительскими радиостанциями каких-нибудь экзотических стран или островов? А азарт спортивной борьбы и неповторимая радость победы в соревнованиях? Все это есть в радиолюбительской связи на КВ.

Основой для создания документов, регулирующих коротковолновое радиолюбительство в каждой стране, служат решения ITU. Эта межправительственная организация, действующая в настоящее время под эгидой Организации Объединенных Наций, была образована в 1865 г., когда радиосвязи как таковой еще не было, а существовала лишь проводиая электросвязь. Членами ITU являются свыше 150 стран мира, ее штаб-квартира находится в Женеве (Швейцария).

Основные задачи ITU — международная координация, стандартизация и планирование в области связи, радиовещания, радиолокации и т. д. Периодически ITU проводит полномоч-

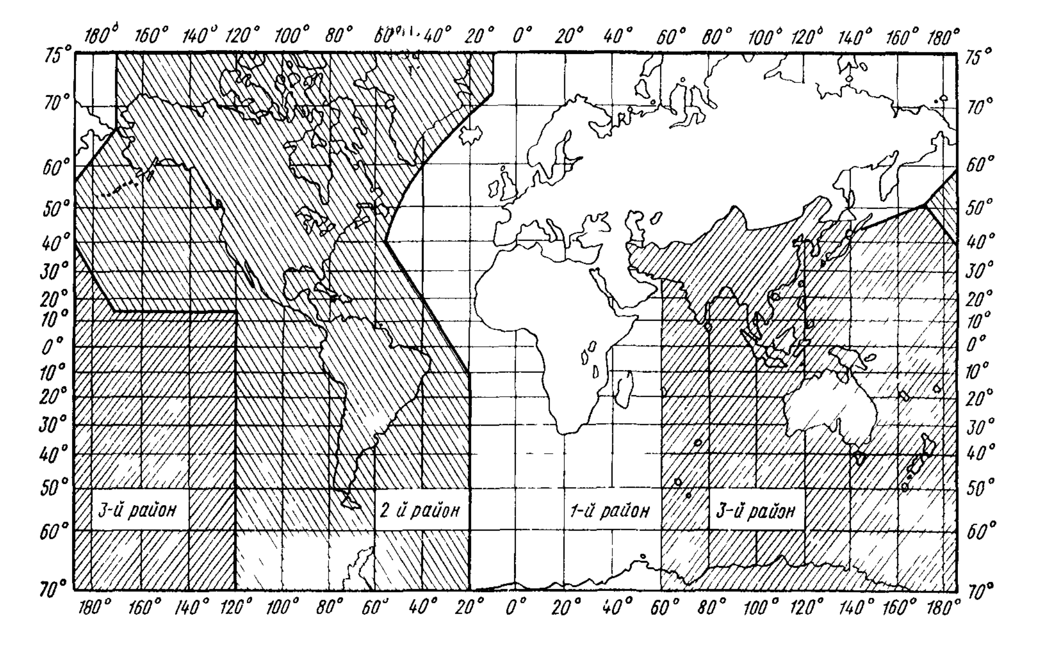


Рис 4.1 Условное деление земного шара на три района ITU

ные конференции, на которых обсуждаются актуальные вопросы в указанных областях (перераспределение полос частот между различными службами, распределение серий позывных между странами и т. д.). Наиболее важными являются Всемирные административные конференции по радио, проводящиеся примерно один раз в двадцать лет. Последняя из состоявшихся таких конференций была в 1979 г. (WARC-79). Для любительской связи на КВ конференция имела особое значение: национальным Администрациям связи было разрешено дополнительно выделить радиолюбителям своих стран три новых КВ диапазона (10, 18 и 24 МГц). Одним из основных результатов работы Всемирных конференций по радио является «Регламент радиосвязи», где отражены все основные аспекты использования радиосредств во всемирном масштабе и в рамках отдельных стран. На его основе и строят свою работу национальные Администрации связи.

Действующий «Регламент радиосвязи» определяет, в частности, порядок использования радиочастотного спектра в полосе от 10 кГц до 275 ГГц. Существует три варианта использования этого спектра, соответствующих трем условным районам, на которые ITU разделил весь земной шар (рис. 4.1). В связи с этим различаются и некоторые любительские диапазоны, выделенные коротковолновикам в странах разных районов. Так, например, в 1-м районе любительский диапазон 40 м ограничен полосой частот 7000 ... 7100 кГц, а во 2-м районе — 7000 ... 7200 кГц.

«Регламент радиосвязи» определяет и характер использования службами отведенной им полосы частот: *первичная* или *вторичная* основа. Службы (например, радиолюбители), которым данная полоса частот выделена на первичной основе, могут требовать от Администрации связи защиты от помех, создаваемых в ее пределах другими службами. И наоборот, получив какую-либо полосу частот на вторичной основе, служба обязана не создавать помех ее основным владельцам.

Поскольку эфир международен (радиоволны могут беспрепятственно пересекать государственные границы), то, естественно, и в самом радиолюбительском движении есть необходимость в соответствующей международной организации, аналогичной МСЭ. Такая организация — Международный радиолюбительский союз (ИАРУ или IARU) — была создана в 1925 г. Ее членами являются национальные радиолюбительские организации почти 130 стран мира. Штаб-квартира IARU находится в Хартфорде (штат Коннектикут, США). Помимо решения самых общих вопросов организации радиолюбительского движения в мире (учет и соответствующий анализ тенденций его развития, координация усилий национальных обществ в решении конкретных задач, арбитраж в спорных ситуациях между ними и т.п.) IARU представляет интересы коротковолновиков в ITU. Представители IARU принимают участие в качестве наблюдателей практически во всех конференциях ITU. Именно их деятельность при подготовке WARC-79 и в процессе ее проведения привела к тому, что число любительских КВ диапазонов возросло до девяти.

Практическую работу по организации радиолюбительского движения ведут под руководством IARU региональные организации союза Они объединяют национальные радиолюбительские общества соответственно 1—3-го районов ITU. Один раз в три года проводятся региональные конференции, на которых рассматриваются различные вопросы, относящиеся ко всем видам радиолюбительства и радиоспорта, культивируемым в IARU (радиосвязь на КВ и УКВ, спортивная радиопеленгация, скоростная телеграфия). Например, для КВ — это и вопросы координации дают проведения международных соревнований, и стандартизации документации (карточки-квитанции, отчеты, заявки и т.п), и технические требования к аппаратуре, и стандарты на новые виды связи (например, пакетную радиосвязь), и многое другое. На конференциях обсуждаются вопросы рационального использования любительских диапазонов Практическую работу в промежутке между конференциями осуществляет Исполком, который, кроме того, представляет региональную организацию в IARU. Подготовку рабочих документов к очередной конференции осуществляют консультативные органы — рабочие группы, составленные из представителей различных национальных радиолюбительских организаций. В настоящее время членами 1-го района IARU являются свыше 50 стран. Членом этой региональной организации с 1962 г. является и Федерация радиоспорта СССР.

Принятые в нашей стране в 1923—1924 гг. декреты и постановления Совета Народных Комиссаров фактически провозгласили государственное признание деятельности энтузиастов-радиолюбителей, создали основу для развития массового радиолюбительского движения. Первая отечественная любительская КВ радиостанция была изготовлена нижегородскими радиолюбителями Ф. Лбовым и В. Петровым. В январе 1925 г. она вышла в эфир позывным R1FL на волне 96 м. Сигналы пятнадцативаттного передатчика услышали в Ираке, а затем и во многих других странах мира. Регулярная выдача позывных любительских радиостанций началась в СССР с 1927 г.

4.1.1. Кодекс советского коротковолновика

Советский радиолюбитель должен постоянно помнить, что в эфире он представляет свою Родину — Союз Советских Социалистических Республик. Своей работой он должен всемерно способствовать укреплению авторитета советского радиолюбительства и радиоспорта и направлять свою деятельность на укрепление дела мира, дружбы и взаимопонимания между народами.

Каждый советский радиолюбитель должен:

быть патриотом	быть всегда готовым отдать свое мастерство оператора, технические навыки и знания, имеющуюся в его распоряжении технику на благо Родины и народа
быть дисциплинированным	хорошо знать и строго соблюдать инструкции, правила и положения, регламентирующие работу любительских радиостанций
не успокаиваться на достигнутом	постоянно повышать уровень своих технических знаний, совершенствовать аппаратуру, иметь хорошо сконструированную станцию и стремиться безупречно на ней работать
быть тактичным	работая в эфире, быть неизменно вежливым и корректным, никогда своими действиями преднамеренно не портить другим радиолюбителям радость от общения в эфире
быть доброжелательным и отзывчивым	оказывать содействие и помощь своим коллегам-радиолюбителям, всегда помогать советом и делом, дружеским наставлением новичку
вести общественную работу	способствовать популяризации радиолюбительства и радиоспорта в СССР, активно участвовать в общественной жизни своего клуба, оказывать содействие местной федерации радиолюбительства и радиоспорта, Федерации СССР
обладать чувством меры	не допускать, чтобы его увлечение шло вразрез с интересами общества, семьи, работы, учебы

4.2. РАЗРЕШЕНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕЙ РАДИОСТАНЦИИ

Работа в эфире на любительской радиостанции возможна только при наличии у ее владельца письменного разрешения Государственной инспекции электросвязи Министерства связи СССР (ГИЭ МС СССР), имеющейся в каждой республике, области, крае, и АССР. Порядок получения этого разрешения изложен в инструкции, с которой можно ознакомиться в местном радио- или спортивно-техническом клубе ДОСААФ или в местных органах ГИЭ МС СССР. Инструкция о порядке регистрации и эксплуатации любительских станций индивидуального и коллективного пользования регламентирует также использование передающих средств и для других любительских целей: спортивной радиопеленгации, соревнований по радиоспорту (многоборье, очно-заочные и т.п.), радиоуправление моделями. За использование радиопередающих средств без письменного разрешения ГИЭ МС СССР радиолюбитель может быть привлечен к ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Любительские радиостанции подразделяются на станции коллективного и индивидуального пользования. Коллективные радиостанции устанавливаются в клубах (ДОСААФ, профсоюзных и т. д.), учебных заведениях, станциях юных техников, домах и дворцах пионеров и школьников, военно-патриотических объединениях и т. д. Владельцами индивидуальных радиостанций могут быть радиолюбители — члены ДОСААФ.

Любительские станции коллективного пользования подразделяются на три категории, а индивидуального пользования — на шесть. Рабочие диапазоны, разрешенная мощность и виды работы для первых трех категорий коллективных и индивидуальных станций полностью совпадают.

Радиостанциям первой категории разрешена работа во всех любительских КВ и УКВ диапазонах. К КВ диапазонам относятся: 1,8 МГц (1830 ... 1930 кГц); 3,5 МГц (3500 ... ... 3650 кГц); 7 МГц (7000 ... 7 100 кГц); 10 МГц (10 100 ... 10 150 кГц); 14 МГц (14 000 ... ... 14 350 кГц); 21 МГц (21 000 ... 21 450 кГц); 28 МГц (28 000 ... 29 700 кГц). Для радиостанций первой категории на этих диапазонах разрешена работа телеграфом (CW), однополосной модуляцией (SSB). Кроме того в диапазонах 1,8 и 28 МГц допускается использовать обычную амплитудную модуляцию (AM). Выходная мощность передатчика не должна превышать 200 Вт (на 1,8 МГц — 10 Вт).

Коллективные и индивидуальные радиостанции второй категории могут работать на диапазонах 1,8; 3,5 МГц; 7 МГц; 14; 21 и 28 МГц. Работа телеграфом для них разрешена на всех диапазонах, AM только на 1,8 и 28 МГц, а SSB на всех, кроме диапазона 14 МГц. То есть, на последнем диапазоне они могут работать только CW. Выходная мощность передатчика для радиостанций второй категории 50 Вт (5 Вт на диапазоне 1,8 МГц).

Радиостанциям третьей категории разрешена работа на диапазонах 1,8 МГц (CW, SSB, AM); 3,5 МГц (CW); 21 МГц; (CW); 28 МГц (CW, AM, SSB). Максимальная выходная мощность 10 Вт, кроме диапазона 1,8 МГц (5 Вт).

Четвертая категория есть только у радиостанций индивидуального пользования. Для нее разрешен только КВ диапазон 1,8 МГц, виды работы: CW, AM и SSB. Выходная мощность передатчика не должна превышать 5 Вт.

Телеграф и однополосная модуляция являются основными видами связи на КВ, но в последнее время все большую популярность у радиолюбителей получают связь телетайпом, пакетиая связь, телевидение с медленной разверткой и другие специальные виды связи. По ходатайству Федерации радиоспорта СССР коротковолновики могут получить разрешение на эсперименты с новыми видами работы.

Передающая аппаратура любительских радиостанций должна удовлетворять определенным требованиям к стабильности частоты излучаемого сигнала, которая определяется как абсолютный уход частоты за пятнадцатиминутный интервал. Для радиостанций первой и второй категорий при работе на КВ диапазонах уход частоты не должен превышать 30 Гц, для радиостанций третьей и четвертой категории — 500 Гц (2000 Гц на диапазоне 28 МГц). Средняя мощность побочных излучений, создаваемых передатчиками любительских радиостанций, должна быть на 30 дБ ниже уровня основного излучения при мощности передатчика до 5 Вт и на 40 дБ ниже уровня основного излучения при бóльших уровнях мощности передатчика. В любом случае средняя мощность побочных излучений не должна превышать 50 мВт. Выходная мощность передатчика измеряется на согласованной резистивной нагрузке.

4.3. ПОЗЫВНЫЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

4.3.1. Общие сведения

Международная любительская радиосвязь на КВ обязывает каждую любительскую радиостанцию иметь индивидуальный (неповторяющийся) идентификатор, по которому ее можно распознать в эфире. Таким идентификатором является позывной сигнал (или сокращен.

но позывной). Он представляет собой сочетание букв и цифр (обычно не более шести символов). Чтобы исключить возможность выдачи одинаковых позывных в различных странах мира, МСЭ распределяет между ними серии позывных (точнее, определяет первые символы, которые можно использовать для формирования позывных в данной стране). Первоначально были распределены буквенные сочетания (от AAA до ZZZ), затем цифробуквенные (от 2AA до 9 ZZ), а в настоящее время выделяются буквенно-цифровые серии (от A2A до Z9Z). В цифро-буквенных и буквенно-цифровых сериях отсутствуют цифры 1 и 0). Они исключены из употребления, так как по написанию схожи с буквами латинского алфавита I и O. Однако «внутри» позывного любительской радиостанции эти цифры использовать можно.

Список серий позывных (первые три символа), выделенных разным странам мира, приведен в табл 4.1. За исключением серий SSA — SZZ и 3DA — 3DZ различным странам мира присваиваются сочетания, отличающиеся уже по первым двум символам. Из-за специфической структуры позывных любительских станций (она описана в «Регламенте радиосвязи») эти исключения создают трудности в определении государственной принадлежности станции, приводят к необходимости использовать для этого третий символ.

Решение о выделении серии префиксов той или иной стране принимает Полномочная конференция ITU, которая проводится один раз в несколько лет. В перерывах между этими конференциями серии префиксов выделяются условно рабочим аппаратом Союза. Они подлежат утверждению на очередной Полномочной конференции. На практике имела место ситуация, когда конференция не утверждала условные решения аппарата, и серии позывных, использовавшиеся (пусть и короткое время) в одной стране, окончательно выделялись другой. Так произошло, например, с серией T4A— T4Z, которую в промежутке между конференциями использовал один из бантустанов в ЮАР. По решению Полномочной конференции все серии, выделенные условно бантустанам ЮАР, были аннулированы, а серия T4A — T4Z была отдана Кубе.

Выданные один раз серии позывных, как правило, не перераспределяются в дальнейшем. Однако и здесь бывают исключения. Например, когда ГДР была выделена новая серия префиксов Y2A — Y9Z, то первоначальная серия DAA — DTZ, использовавшаяся совместно ГДР, ФРГ и Западным Берлином, была частично оставлена ФРГ (DAA — DRZ), а частично выделена Южной Корее (DSA — DTZ).

Отсутствующие в табл. 4.1 серии префиксов (X2—9, S4—5, S8 и др.) в настоящее время еще не распределены.

Используя выделенные серии позывных, национальные Администрации связи формируют свои системы позывных любительских радиостанций в соответствии с административными и географическими особенностями конкретной страны. В нашей стране это делает ГИЭ МС СССР. Выдачу радиолюбителям индивидуальных позывных в соответствии с установленной ГИЭ МС СССР системой осуществляют ее местные (республиканские, краевые и областные) органы.

В соответствии с «Регламентом радиосвязи» позывной любительской радиостанции должен состоять из двух первых символов, которые взяты из серии, выделенной данной стране, цифры (от 1 до 0) и от одной до трех букв. Первую часть позывного до цифры включительно обычно называют *префиксом* (например, LA3, 9H1, Y23 и т. д.), оставшуюся часть позывного — *суффиксом*. Для данного конкретного префикса комбинации букв суффикса не повторяются, что обеспечивает индивидуальную кодировку позывных любительских станций. Поскольку позывные используются в международном эфире, то их формируют только на основе букв латинского алфавита.

Например, позывные радиолюбителей Чехословакии могут быть такие: OK1A — — OK0Z, OK1AA — OK0 ZZ, OK1AAA — OK0ZZZ (а также аналогичные позывные, начинающиеся с букв OL и OM). В Монако могут подлежать выдаче любительским радиостанциям следующие позывные: 3A1A — 3A0Z, 3A1AA — 3A0ZZ, 3A1AAA — 3A0 ZZZ. У радиолюбителей ГДР используется серия Y2 — Y9, поэтому у них появляется в позывном две рядом стоящие цифры: Y21A — Y90Z, Y21AA — Y90ZZ, Y21AAA — Y90 ZZZ.

Некоторым странам буквенные блоки выделены целиком, поэтому позывные в этих странах могут начинаться с одной буквы (это допускается «Регламентом радиосвязи»). К числу таких стран относятся СССР (буквы U и R), КНР (буква B), США (буквы K, W, N), Великобритания (буквы G, M), Франция (буква F) и Италия (буква I). Поэтому, например, позывные радиолюбительских станций США могут иметь всего три символа: K1A — K1Z, N1A— N1Z, W1A — W1Z.

Администрации связи отдельных стран при выдаче позывных (особенно специальных) иногда отходят от требований «Регламента радиосвязи». В результате в эфире можно встретить и позывной, состоящий только из префикса (JY1), и позывной, имеющий две цифры в префиксе (там, где для данной серии определена одна цифра) и число букв суффикса большее трех (4O79WARC, TG0FRACAP). Иногда (это особенно часто встречается в позывных буквенно-цифровой серии) опускают обязательный элемент — цифру (например, A4AXB) и позывные приобретают структуру, которая может ввести радиолюбителей в заблуждение, так как буква A не выделена одной какой-нибудь стране.

Таблица 4.1. **Список серий позывных, выделенных разным странам мира и международным организациям**

Серия	Страна, международная организация	Серия	Страна, международная организация
AAA—ALZ	США	HHA—HHZ	Гаити
AMA—AOZ	Испания	HIA—HIZ	Доминиканская Республика
APA—ASZ	Пакистан	HJA—HKZ	Колумбия
ATA—AWZ	Индия	HLA—HLZ	Южная Корея
AXA—AXZ	Австралия	HMA—HMZ	Корейская Народно-Демократическая Республика
AYA—AZZ	Аргентина	HNA—HNZ	Ирак
A2A—A2Z	Ботсвана	HOA—HPZ	Панама
A3A—A3Z	Тонга	HQA—HRZ	Гондурас
A4A—A4Z	Оман	HSA—HSZ	Таиланд
A5A—A5Z	Бутан	HTA—HTZ	Никарагуа
A6A—A6Z	Объединенные Арабские Эмираты	HUA—HUZ	Сальвадор
A7A—A7Z	Катар	HVA—HVZ	Ватикан
A8A—A8Z	Либерия	HWA—HYZ	Франция (включая владения)
A9A—A9Z	Бахрейн	HZA—HZZ	Саудовская Аравия
BAA—BZZ	Китай	H2A—H2Z	Кипр
CAA—CEZ	Чили	H3A—H3Z	Панама
CFA—CKZ	Канада	H4A—H4Z	Соломоновы Острова
CLA—CMZ	Куба	H6A—H7Z	Никарагуа
CNA—CNZ	Марокко	H8A—H9Z	Панама
COA—COZ	Куба	IAA—IZZ	Италия
CPA—CPZ	Боливия	JAA—JSZ	Япония
CQA—CUZ	Португалия	JTA—JVZ	Монгольская Народная Республика
CVA—CXZ	Уругвай	JWA—JXZ	Норвегии
CYA—CZZ	Канада	JYA—JYZ	Иордания
C2A—C2Z	Науру	JZA—JZZ	Индонезия
C3A—C3Z	Андорра	J2A—J2Z	Джибути
C4A—C4Z	Кипр	J3A—J3Z	Гренада
C5A—C5Z	Гамбия	J4A—J4Z	Греция
C6A—C6Z	Багамские Острова	J5A—J5Z	Гвинея-Бисау
C7A—C7Z	Всемирная метеорологическая организация	J6A—J6Z	Сент-Люсия
C8A—C9Z	Мозамбик	J7A—J7Z	Доминика
DAA—DRZ	Федеративная Республика Германии	J8A—J8Z	Сент-Винсент и Гренадины
DSA—DTZ	Южная Корея	KAA—KZZ	США
DUA—DZZ	Филиппины	LAA—LNZ	Норвегия
D2A—D3Z	Ангола	LOA—LWZ	Аргентина
D4A—D4Z	Кабо-Верде	LXA—LXZ	Люксембург
D5A—D5Z	Либерия	LYA—LYZ	СССР
D6A—D6Z	Коморские Острова	LZA—LZZ	Болгария
D7A—D9Z	Южная Корея	L2A—L9Z	Аргентина
EAA—EHZ	Испания	MAA—MZZ	Великобритания
EIA—EJZ	Ирландия	NAA—NZZ	США
EKA—EKZ	СССР	OAA—OCZ	Перу
ELA—ELZ	Либерия	ODA—ODZ	Ливан
EMA—EOZ	СССР	OEA—OEZ	Австрия
EPA—EQZ	Иран	OFA—OJZ	Финляндия
ERA—ESZ	СССР	OKA—OMZ	Чехословакия
ETA—ETZ	Эфиопия	ONA—OTZ	Бельгия
EUA—EZZ	СССР	OUA—OZZ	Дания
FAA—FZZ	Франция (включая владения)	PAA—PIZ	Нидерланды
GAA—GZZ	Великобритания	PJA—PJZ	Антильские острова (Нидерландские)
HAA—HAZ	Венгрия	PKA—POZ	Индонезия
HBA—HBZ	Швейцария	PPA—PYZ	Бразилия
HC4—HDZ	Эквадор	PZA—PZZ	Суринам
HEA—HEZ	Швейцария		
HFA—HFZ	Польша		
HGA—HGZ	Венгрия		

Серия	Страна, международная организация
P2A—P2Z	Папуа — Новая Гвинея
P3A—P3Z	Кипр
P4A—P4Z	Аруба
P5A—P9Z	КНДР
RAA—RZZ	СССР
SAA—SMZ	Швеция
SNA—SRZ	Польша
SSA—SSM	Египет
SSN—STZ	Судан
SUA—SUZ	Египет
SVA—SZZ	Греция
S2A—S3Z	Бангладеш
S6A—S6Z	Сингапур
S7A—S7Z	Сейщельские Острова
S9A—S9Z	Сан-Томе и Принсипи
TAA—TCZ	Турция
TDA—TDZ	Гватемала
TEA—TEZ	Коста-Рика
TFA—TFZ	Исландия
TGA—TGZ	Гватемала
THA—THZ	Франция (включая владения)
TIA—TIZ	Коста-Рика
TJA—TJZ	Камерун
TKA—TKZ	Франция (включая владения)
TLA—TLZ	Центральноафриканская Республика
TMA—TMZ	Франция (включая владения)
TNA—TNZ	Конго
TOA—TQZ	Франция (включая владения)
TRA—TRZ	Габон
TSA—TSZ	Тунис
TTA—TTZ	Чад
TUA—TUS	Кот-д'Ивуар
TVA—TXZ	Франция
TYA—TYZ	Бенин
TZA—TZZ	Мали
T2A—T2Z	Тувалу
T3A—T3Z	Кирибатн
T4A—T4Z	Куба
T5A—T5Z	Сомали
T6A—T6Z	Афганистан
T7A—T7Z	Сан-Марино
UAA—UZZ	СССР
VAA—VGZ	Канада
VHA—VNZ	Австралия
VOA—VOZ	Канада
VPA—VSZ	Великобритания (включая владения)
VTA—VWZ	Индия
VXA—VYZ	Канада
VZA—VZZ	Австралия
V2A—V2Z	Антигуа и Барбуда
V3A—V3Z	Белиз
V4A—V4Z	Сент-Кристофер (Сент-Кнтс) и Невис
V6A—V6Z	Микронезия
V7A—V7Z	Маршалловые острова
V8A—V8Z	Бруней
WAA—WZZ	США
XAA—XIZ	Мексика
XJA—XOZ	Канада
XPA—XPZ	Дания
XQA—XRZ	Чили
XSA—XSZ	Китай
XTA—XTZ	Буркина-Фасо
XUA—XUZ	Кампучия
XVA—XVZ	Вьетнам
XWA—XWZ	Лаос
XXA—XXZ	Португалия (включая владения)
XYA—XZZ	Мьянма
YAA—YAZ	Афганистан
YBA—YHZ	Индонезия
YIA—YIZ	Ирак
YJA—YJZ	Вануату
YKA—YKZ	Сирия
YLA—YLZ	СССР
YMA—YMZ	Турция
YNA—YNZ	Никарагуа
YOA—YRZ	Румыния
YSA—YSA	Сальвадор
YTA—YUZ	Югославия
YVA—YYZ	Венесуэла
YZA—YZZ	Югославия
Y2A—Y9Z	Германская Демократическая Республика
ZAA—ZAZ	Албания
ZBA—ZJZ	Великобритания (включая владения)
ZKA—ZMZ	Новая Зеландия
ZNA—ZOZ	Великобритания (включая владения)
ZPA—ZPZ	Парагвай
ZQA—ZQZ	Великобритания (включая владения)
ZRA—ZUZ	Южно-Африканская Республика
ZVA—ZZZ	Бразилия
Z2A—Z2Z	Зимбабве
2AA—2ZZ	Великобритания
3AA—3AZ	Монако
3BA—3BZ	Маврикий
3CA—3CZ	Экваториальная Гвинея
3DA—3DM	Свазиленд
3DN—3DZ	Фиджи
3EA—3FZ	Панама
3GA—3GZ	Чилн
3HA—3UZ	Китай
3VA—3VZ	Тунис
3WA—3WZ	Вьетнам
3XA—3XZ	Гвинея
3YA—3YZ	Норвегия
3ZA—3ZZ	Польша
4AA—4CZ	Мексика
4DA—4IZ	Филиппины
4JA—4LZ	СССР
4MA—4MZ	Венесуэла
4NA—4OZ	Югославия

Серия	Страна, международная организация	Серия	Страна, международная организация
4PA—4SZ	Шри Ланка	6XA—6XZ	Мадагаскар
4TA—4TZ	Перу	6YA—6YZ	Ямайка
4UA—4UZ	Организация Объединенных Наций	6ZA—6ZZ	Либерия
		7AA—7IZ	Индонезия
4VA—4VZ	Гаити	7JA—7NE	Япония
4WA—4WZ	Йеменская Арабская Республика	7OA—7OZ	Народная Демократическая Республика Йемен
4XA—4XZ	Израиль	7PA—7PZ	Лесото
4YA—4YZ	Международная организация гражданской авиации	7QA—7QZ	Малави
		7RA—7RZ	Алжир
		7SA—7SZ	Швеция
4ZA—4ZZ	Израиль	7TA—7YZ	Алжир
5AA—5AZ	Ливия	7ZA—7ZZ	Саудовская Аравия
5BA—5BZ	Кипр	8AA—8IZ	Индонезия
5CA—5GZ	Марокко	8JA—8NE	Япония
5HA—5IZ	Танзания	8OA—8OZ	Ботсвана
5JA—5KZ	Колумбия	8PA—8PZ	Барадос
5LA—5MZ	Либерия	8QA—8QZ	Мальдивы
5NA—5OZ	Нигерия	8RA—8RZ	Гайана
5PA—5QZ	Дания	8SA—8SZ	Швеция
5RA—5SZ	Мадагаскар	8TA—8YZ	Индия
5TA—5TZ	Мавритания	8ZA—8ZZ	Саудовская Аравия
5UA—5UZ	Нигер	9BA—9DZ	Иран
5VA—5VZ	Того	9EA—9FZ	Эфиопия
5WA—5WZ	Западное Самоа	9GA—9GZ	Гана
5XA—5XZ	Уганда	9HA—9HZ	Мальта
5YA—5ZZ	Кения	9IA—9JZ	Замбия
5AA—6BZ	Египет	9KA—9KZ	Кувейт
6CA—6CZ	Сирия	9LA—9LZ	Сьерра-Леоне
6DA—6JZ	Мексика	9MA—9MZ	Малайзия
6KA—6NZ	Корейская Народно-Демократическая Республика	9NA—9NZ	Непал
		9OA—9TZ	Заир
		9UA—9UZ	Бурунди
6OA—6OZ	Сомали	9VA—9VZ	Сингапур
6PA—6SZ	Пакистан	9WA—9WZ	Малайзия
6TA—6UZ	Судан	9XA—9XZ	Руанда
6VA—6WZ	Сенегал	9YA—9ZZ	Тринидад и Тобаго

На практике для формирования позывных любительских радиостанций обычно используют лишь незначительную часть серий, выделенных данной стране. Так, из серий ATA—AWZ и VTA—VWZ в Индии радиолюбителям выдают лишь позывные, начинающиеся с букв VU, в Дании из серий OUA—OZZ—с букв OZ и т. д.

Остальные серии либо вообще пока не используют в любительской связи, либо применяют в специальных позывных, выдаваемых в связи с какими-то событиями или мероприятиями (юбилеи, соревнования, слеты и т. д.).

Как уже отмечалось, право устанавливать отдельные элементы системы позывных в каждой стране предоставлено соответствующим Администрациям связи. Поэтому сколько в мире стран, столько и систем позывных любительских радиостанций.

Во многих странах системы позывных любительских радиостанций выбраны так, чтобы можно было по позывному получить дополнительную информацию о станции или ее владельце: ее местонахождение в пределах данной страны, коллективная она или индивидуальная, к какому классу или категории относится и т. д. Однако в некоторых странах, в том числе и в крупных, позывные выдаются по большей части без какой-либо определенной системы (в частности, просто подряд).

В целом ряде стран цифра позывного указывает на условный радиолюбительский район страны, в котором находится радиостанция. На десять радиолюбительских районов разделены, например, территории США, Японии, Бразилии, КНР. Каждый такой район включает в себя несколько штатов, префектур, провинций и т. п.

Во многих странах для обозначения радиолюбительских районов используют лишь часть цифр, а остальные применяют для выделения каких-либо групп радиостанций (в том числе и независимо от местонахождения). Так, в Чехословакии позывные серии OK1 используют коротковолновики Чехии, OK2 — Моравии, OK3 — Словакии, а позывные OK4 — OK0 выдаются без привязки к местонахождению (например, OK5 и OK6 — это любительские станции на слетах, выставках и т. п.). В некоторых странах (ГДР, Голландия) различные цифры префикса обозначают разные категории и подгруппы радиостанции. Например, по префиксу позывного радиостанции ГДР можно определить, является и данная радиостанция индивидуальной или коллективной.

В суффиксе позывного любительской радиостанции заключен ее индивидуальный код. Но иногда (намного реже, чем префикс) суффикс также несет дополнительную смысловую нагрузку. По суффиксу позывного в ряде случаев можно выделить коллективные радиостанции, а по суффиксам позывных радиостанций Аргентины и ГДР — определить провинцию или округ, в которых они находятся.

К основному позывному радиостанции через «дробь» иногда добавляют сочетания, обозначающие работу радиостанций из нестационарных условий. Общепринятыми из них являются:

.../P — радиостанция работает из временного местонахождения (чаще всего из полевых условий);

... /MM — радиостанция работает с борта судна;

./AM — радиостанция работает с борта самолета.

В ряде стран используются свои системы дробных обозначений. Так, работа позывным ... /A иногда обозначает, что станция вышла в эфир из второго регулярно используемого QTH («альтернативное» QTH, например дача), а позывным .../M — с подвижного объекта на суше (автомобиля). Порой буква, переданная через дробь после позывного, обозначает местонахождение станции: FR7 .../E — о. Европа; FR7 .../T — о. Тромлен и т. д.

В странах, где различным их регионам выделены различные префиксы, для временной работы в эфире из другого региона радиолюбители обычно используют дробные позывные (например, JA5A/JA3 или просто JA5AA/3). При работе из другой страны коротковолновик может получить отдельный позывной. Он, как правило, отличается по префиксу от позывных, используемых гражданами данной страны. В ряде же стран иностранцам выдают только дробные позывные, в которых через дробь передается идентификатор страны. В зависимости от принятой в данной стране системы он может состоять из одной буквы (например, .../W), из двух букв (например, .../OE) и целиком из соответствующего префикса (например, .../XE1), а иногда из первой буквы суффикса, если и она используется в системе позывных для указания местонахождения любительской радиостанции (например, . ./VK9L). Передача идентификатора страны после основного позывного неудобна, так как первой информацией, которую хотел бы получить коротковолновик, услышав в эфире какую-либо радиостанцию, — ее местонахождение. Вот почему некоторое время тому назад Международный радиолюбительский союз рекомендовал своим членам войти с ходатайством в национальные Администрации связи о переносе дробного идентификатора в начальную часть позывного (например, передавать W/DL3BC, а не DL3BC/W). Эта система получила применение и находит в мире все большее распространение.

Основные префиксы любительских радиостанций различных стран и территорий мира, а также международной организации, приведены в табл. 4.2. В ней помимо самих префиксов дано название страны или территории, которой принадлежит данный префикс; континент, где они расположены (Ев — Европа, Аз — Азия, Ок — Океания, СА — Северная Америка, ЮА — Южная Америка; границы континентов указаны в соответствии с дипломом WAC); условные номера зон для дипломов WAZ и Р-75-Р (у последнего они совпадают с зонами ITU), в которых находится данная страна или территория. Следует заметить, что зоны диплома WAZ идут по границам: государственным, а для больших по территории стран (таких как СССР, США и др.) и по внутренним административно-территориальным. Зоны ITU учитывают государственные границы, но часто идут по параллелям и меридианам, вот почему порой одна и та же территория (например, о. Шпицберген — JW) попадает в две соседние зоны ITU.

Кроме того, иной раз можно встретить (при работе в эфире и на карточках-квитанциях) упоминания о зонах МСЭ с номерами, большими 75 (до 90 включительно). Такие зоны действительно существуют. Они охватывают акватории Мирового океана, не имеющие каких-либо существенных по площади островов. В пределах этих зон имеются, разумеется, островки, рифы (как правило, необитаемые) и т.п., при временной работе с которых коротковолновики и используют соответствующие номера зон ITU. Зоны 76, 77, 78 и 81 относятся к акватории Тихого океана и идут с севера на юг вдоль Северной и Южной Америки (от Канады до Антарктиды), зоны 79 и 80 — это южные районы Тихого океана (вблизи Антарктиды). Зоны 82 и 83 занимают центральную часть Атлантики (выше экватора), а зоны 84 и 85 расположены в ее южной части (вблизи Антарктиды). В центральной и южной части Индийского океана находятся зоны 86 — 89. И, наконец, в Тихом океане на восток от Японии выделена зона 90.

Таблица 4.2. **Список основных префиксов позывных любительских радиостанций мира**

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона WAZ	Зона ITU
AA—AL	США (см. K, KA—KZ)	—	—	—
AP	Пакистан	Аз	21	41
A2	Ботсвана	Аф	38	57
A3	Тонга	Аз	21	39
A5	Бутан	Аз	22	41
A6	Объединенные Арабские Эмираты	Аз	21	39
A7	Катар	Аз	22	39
A9	Бахрейн	Аз	21	39
BV	о. Тайвань	Аз	24	44
BY	Китайская Народная Республика	Аз	23, 24	33, 42—44
CE	Чили	ЮА	12	14, 16
CE9AA—AM	Антарктида (чилийские радиостанции)	—	—	67, 69—74
CE9AN—AZ	Южные Шетландские острова	ЮА	13	73
CE0A	о. Пасхи	ЮА	12	63
CE0X	о. Сан-Феликс	ЮА	12	14
CE0Z	о-ва Хуан-Фернандес	ЮА	12	14
CN	Марокко	Аф	33	37
CO	Куба	СА	8	11
CP	Боливия	ЮА	10	12, 14
CR—CT, CQ	Португалия (кроме цифр 3 и 9)	Ев	14	37
CR—CT, CQ	о. Мадейра (цифры 3 и 9)	Аф	33	36
CU	Азорские острова	Ев	14	36
CX	Уругвай	ЮА	13	14
C2	Науру	Ок	31	65
C3	Андорра	Ев	14	27
C5	Гамбия	Аф	35	46
C6	Багамские острова	СА	8	11
C9	Мозамбик	Аф	37	53
DA—DL	Федеративная Республика Германии	Ев	14	28
DA—DL	Западный Берлин	Ев	14	28
DP	Антарктида (радиостанции ФРГ)	—	—	67, 69—74
DU	Филиппины	Ок	27	50
D2	Ангола	Аф	36	52
D4	Кабо-Верде	Аф	35	46
D6	Коморские Острова	Аф	39	53
EA	Испания	Ев	14	37
EA6	Балеарские острова	Ев	14	37
EA8	Канарские острова	Аф	33	36
EA9	Сеута и Мелилья	Аф	33	37
EI	Ирландия	Ев	14	27
EL	Либерия	Аф	35	46
EP	Иран	Аз	21	40
ET	Эфиопия	Аф	37	48
F	Франция	Ев	14	27
FG	Гваделупа	СА	8	11
FH	о. Майотта	Аф	39	53
FK	Новая Каледония	Ок	32	56
FM	Мартиника	СА	8	11
FO	о. Клиппертон	СА	7	10
FO	Полинезия (Французская)	Ок	31, 32	63
FP	о-ва Сен-Пьер и Микелон	СА	5	9
FR	о. Реюньон	Аф	39	53
FS	о. Сен-Мартен	СА	8	11
FT—W	о-ва Крозе	Аф	39	68
FT—X	о. Кергелен	Аф	39	68
FT—Y	Антарктида (французские радиостанции)	—	—	67, 69—74
FT—Z	о. Амстердам, о. Сен-Поль	Аф	39	68
FW	о-ва Уоллис и Футуна	Ок	32	62
FY	Гвиана (Французская)	ЮА	9	12

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона	
			WAZ	ITU
G, GA—GZ	Великобритания	Ев	14	27
GD	о. Мэн	Ев	14	27
GI	Северная Ирландия (Ольстер)	Ев	14	27
GJ	о. Джерси	Ев	14	27
GM	Шотландия	Ев	14	27
GU	о. Гернси, о. Сарк, о. Олдерни и др.	Ев	14	27
GW	Уэльс	Ев	14	27
HA	Венгрия	Ев	15	28
HB	Швейцария	Ев	14	28
HB0	Лихтенштейн	Ев	14	28
HC	Эквадор	ЮА	10	12
HC8	о-ва Галапагос	ЮА	10	12
HH	Гаити	СА	8	11
HI	Доминиканская Республика	СА	8	11
HK	Колумбия	ЮА	9	12
HK0	о. Мальпело	ЮА	9	12
HK0	о. Сан-Андрес, о. Провиденсия	СА	7	11
HL	Южная Корея	Аз	25	44
HM	Корейская Народно-Демократическая Республика	Аз	25	44
HP	Панама	СА	7	11
HR	Гондурас	СА	7	11
HS	Таиланд	Аз	26	49
HV	Ватикан	Ев	15	28
HZ	Саудовская Аравия	Аз	21	39
H4	Соломоновы острова	Ок	28	51
I, IA—IZ	Италия	Ев	15	28
IS, IM	о. Сардиния	Ев	15	28
IT	о. Сицилия	Ев	15	28
JA—JS	Япония	Аз	25	45
JD1	о-ва Огасавара, о-ва Кадзан	Аз	27	45
JD1	о. Минамитори	Ок	27	45
JT	Монгольская Народная Республика	Аз	23	32, 33
JW	архипелаг Шпицберген	Ев	40	18, 75
JX	о. Ян-Майен	Ев	40	18
JY	Иордания	Аз	20	39
J2	Джибути	Аф	37	48
J3	Гренада	СА	8	11
J5	Гвинея-Бисау	Аф	35	46
J6	Сент-Люсия	СА	8	11
J7	Доминика	СА	8	11
J8	Сент-Винсент и Гренадины	СА	8	11
K, KB—KG KI—KK, KM—KO, KR—KZ	США	СА	3—5	6—8
KA	Япония (американские радиостанции)	—	—	—
KC4	Антарктида (американские станции)	—	—	67, 69—74
KC6	Белау	Ок	27	64
KG4	Гуантанамо	СА	8	11
KH	США (владения, подопечные территории и т. д. в бассейне Тихого океана)	—	—	—
KH1	о. Бейкер, о. Хауленд	Ок	31	61, 62
KH2	о. Гуам	Ок	27	64
KH3	атолл Джонстон	Ок	31	61
KH4	атолл Мидуэй	Ок	31	61
KH5	атолл Пальмира	Ок	31	61
RH5	о. Джарвис	Ок	31	62
KH5K	атолл Кингман	Ок	31	61
KH6	Гавайские острова	Ок	31	61
KH7	о. Кюре	Ок	31	61

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона WAZ	Зона ITU
KH8	Восточное Самоа	Ок	32	62
KH9	атолл Уэйк	Ок	31	65
KH0	Марианские острова	Ок	27	64
KL7	Аляска	СА	1	1, 2
KP	США (владения, подопечные территории и т. д. в бассейне Карибского моря)	—	—	—
KP1	о. Навасса	СА	8	11
KP2	Виргинские острова	СА	8	11
KP3	о. Ронкадор-Кей, банка Serrana	СА	7	11
KP4	Пуэрто-Рико	СА	8	11
KP5	о. Десечо	СА	8	11
LA	Норвегия	Ев	14	18
LG	Морокуллен (Норвегия-Швеция)	Ев	14	18
LU	Аргентина	ЮА	13	14, 16
LU—Z	Антарктида (аргентинские радиостанции)	—	—	67, 69—74
LX	Люксембург	Ев	14	27
LZ	Болгария	Ев	20	28
N, NA—NZ	США (см. K, KA—KZ)	—	—	—
OA	Перу	ЮА	10	12
OD	Ливан	Аз	20	39
OE	Австрия	Ев	15	28
OH	Финляндия	Ев	15	18
OH0	Аландские острова	Ев	15	18
OJ0	риф Меркет	Ев	15	18
OK	Чехословакия	Ев	15	28
ON	Бельгия	Ев	14	27
OR4	Антарктида (бельгийские радиостанции)	—	—	67, 69—74
OX	Гренландия	СА	40	5, 75
OY	Ферерские острова	Ев	14	18
OZ	Дания	Ев	14	18
PA—PI	Нидерланды	Ев	14	27
PJ	Антильские острова (Нидерландские)	—	—	—
PJ2	о. Кюрасао	ЮА	9	11
PJ4	о. Бонайре	ЮА	9	11
PJ5	о. Синт-Эстатиус	СА	8	11
PJ6	о. Саба	СА	8	11
PJ7	о. Сен-Мартен	СА	8	11
PP—PY	Бразилия	ЮА	11	12, 13, 15
PY0	о-ва Фернанду-ди-Норонья, о. Сан-Паулу	ЮА	11	13
PY0	о. Триндади	ЮА	11	15
PZ	Суринам	ЮА	9	12
P2	Папуа — Новая Гвинея	Ок	28	51
P4	Аруба	ЮА	9	11
R, RA—RZ	СССР	ЕВ, Аз	15—19 21, 23, 40	19—26 29—35, 75
SK—SM	Швеция	Ев	14	18
SI	риф Меркет	Ев	15	18
SP	Польша	Ев	15	28
ST	Судан	Аф	34	47, 48
SU	Египет	Аф	34	38
SV	Греция	Ев	20	28
SV5	о. Родос	Ев	20	28
SV9	о. Крит	Ев	20	28
S2	Бангладеш	Аз	22	41
S7	Сейшельские острова	Аф	39	53
S9	о-ва Сан-Томе и Принсипи	Аф	36	47
TA1	Турция	Ев	20	28
TA2—9	Турция	Аз	20	39
TF	Исландия	Ев	40	17
TG	Гватемала	СА	7	11
TI	Коста-Рика	СА	7	11

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона WAZ	Зона ITU
T19	о. Кокос	СА	7	12
TJ	Камерун	Аф	36	47
TK	о. Корсика	Ев	15	28
TL	Центральноафриканская Республика	Аф	36	47
TN	Конго	Аф	36	52
TR	Габон	Аф	36	52
TT	Чад	Аф	36	47
TU	Кот-д'Ивуар	Аф	35	46
TY	Бенин	Аф	35	46
TZ	Мали	Аф	35	46
T2	Тувалу	Ок	31	65
T3	Кирибати	—	—	—
T30	Западное Кирибати (о-ва Гилберта, о. Ошен)	Ок	31	65
T31	Центральное Кирибати (о-ва Феникс)	Ок	31	62
T32	Восточное Кирибати (о-ва Лайн)	Ок	31	61, 63
T7	Сан-Марино	Ев	15	28
U, UA—UZ	СССР	Ев, Аз	15—19, 21—23, 40	19—26, 29, 35, 75
VE	Канада	СА	1—5	2—4, 9, 75
VK	Австралия	Ок	29, 30	55, 58, 59
VK7	о. Тасмания	Ок	30	59
VK9L	о. Лорд-Хау	Ок	30	60
VK9N	о. Норфолк	Ок	32	60
VK9X	о. Рождества	Ок	29	54
VK9Y	Кокосовые (Килинг) острова	Ок	29	54
VK9Z	о-ва Уиллис	Ок	30	55
VK0	о. Херд	Аф	39	68
VK0	о. Маккуори	Ок	30	60
VK0	Антарктида (австралийские радиостанции)	—	—	67, 69—74
VO1	Ньюфаундленд	СА	5	9
VO2	Лабрадор	СА	2	9
VP2E	Ангилья	СА	8	11
VP2M	Монтсеррат	СА	8	11
VP2V	Виргинские (британские) острова	СА	8	11
VP5	Тёркс и Кайкос	СА	8	11
VP8	Фолклендские (Мальвинские) острова	ЮА	13	16
VP8	Южные Шетландские острова, Южные Сандвичевы острова, о. Южная Георгия	ЮА	13	73
VP8	Антарктида (английские радиостанции)	—	—	67, 69—74
VP9	Бермудские острова	СА	5	11
VQ9	архипелаг Чагос	Аф	39	41
VR6	Питкэрн	Ок	32	63
VS6	Сянган (Гонконг)	Аз	24	44
VU	Индия	Аз	22	41
VU7	Андаманские и Никобарские острова	Аз	26	49
VU7	Лаккадивские острова	Аз	22	41
V2	Антигуа и Барбуда	СА	8	11
V3	Белиз	СА	7	11
V4	Сент-Кристофер (Сент-Китс) и Невис	СА	8	11
V6	Микронезия	Ок	27	64, 65
V7	Маршалловы острова	Ок	41	65
V8	Бруней	Аз	28	54
W, WA—WZ	США (см. K, KA—KZ)	—	—	—
XE	Мексика	СА	6	10
XF4	о-ва Ревилья-Хихедо	СА	6	10
XT	Буркина-Фасо	Аф	35	46
XU	Кампучия	Аз	26	49
XW	Лаос	Аз	26	49
XX9	Аомынь (Макао)	Аз	24	44

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона	
			WAZ	ITU
XZ	Мьянма	Аз	26	49
YA	Афганистан	Аз	21	40
YB	Индонезия	Аз	28	51, 54
YI	Ирак	Аз	21	39
YJ	Вануату	Ок	32	56
YK	Сирия	Аз	20	39
YN	Никарагуа	СА	7	11
YO	Румыния	Ев	20	28
YS	Сальвадор	СА	7	11
YU	Югославия	Ев	15	28
YV	Венесуэла	ЮА	9	12
YV0	о. Авес	СА	8	11
Y2—Y9	ГДР	Ев	14	28
Y88	Антарктида (радиостанции ГДР)	—	—	67, 69—74
ZA	Албания	Ев	15	28
ZB	Гибралтар	Ев	14	37
ZC4	Кипр	Аз	20	39
ZD7	о. Святой Елены	Аф	36	66
ZD8	о. Вознесения	Аф	36	66
ZD9	о-ва Тристан-да-Кунья	Аф	38	66
ZF	о-ва Кайман	СА	8	11
ZK1	о-ва Кука	Ок	32	63
ZK2	о. Ниуэ	Ок	31	62
ZK3	о-ва Токелау	Ок	31	62
ZL1—4,6	Новая Зеландия	Ок	32	60
ZL5	Антарктида (новозеландские радиостанции)	—	—	67, 69—74
ZL7	о-ва Чатем	Ок	32	60
ZL8	о-ва Кермадек	Ок	32	60
ZL9	о-ва Окленд и Кемпбелл	Ок	32	60
ZP	Парагвай	ЮА	11	14
ZS	Южно-Африканская Республика	Аф	38	57
ZS3	Намибия	Аф	38	57
ZS8	о. Принца-Эдуарда, о. Марион	Аф	38	57
Z2	Зимбабве	Аф	38	53
3A	Монако	Ев	14	27
3B6,7	о-ва Агалега	Аф	39	53
3B8	Маврикий	Аф	39	53
3B9	о. Родригес	Аф	39	53
3C	Экваториальная Гвинея	Аф	36	47
3C0	о. Аннабон	Аф	36	52
3D2	Фиджи	Ок	32	56
3DA0	Свазиленд	Аф	38	57
3V	Тунис	Аф	33	37
3W	Вьетнам	Аз	26	49
3X	Гвинея	Аф	35	46
3Y	Антарктида (норвежские радиостанции)	—	—	67, 69—74
3Y	о. Петра I	ЮА	12	72
3Y	о Буве	Аф	38	67
4K1	Антарктида (советские радиостанции)	—	—	67, 69—74
4S	Шри Ланка (Цейлон)	Аз	22	41
4U	Международный союз электросвязи	—	—	—
4W	Йеменская Арабская Республика	Аз	21	39
4X, 4Z	Израиль	Аз	20	39
5A	Ливия	Аф	34	38
5B	Кипр	Аз	20	39
5H	Танзания	Аф	37	53
5N	Нигерия	Аф	35	46
5R	Мадагаскар	Аф	39	53
5T	Мавритания	Аф	35	46
5U	Нигер	Аф	35	46

Окончание табл. 4.1

Префикс	Страна или территория	Континент WAC	Зона	
			WAZ	ITU
5V	Того	Аф	35	46
5W	Западное Самоа	Ок	32	62
5X	Уганда	Аф	37	48
5Z	Кения	Аф	37	48
6O	Сомали	Аф	37	48
6W	Сенегал	Аф	35	46
6Y	Ямайка	СА	8	11
7O	Народная Демократическая Республика Йемен	Аз	21	39
7O	о. Сокотра	Аф	37	48
7P	Лесото	Аф	38	57
7Q	Малави	Аф	37	53
7X	Алжир	Аф	33	37
8P	Барбадос	СА	8	11
8Q	Мальдивские острова	Аз	22	41
8R	Гайана	ЮА	9	12
9G	Гана	Аф	35	46
9H	Мальта	Ев	15	28
9J	Замбия	Аф	36	53
9K	Кувейт	Аз	21	39
9L	Сьерра-Леоне	Аф	35	46
9M2	Западная Малайзия	Аз	28	54
9M6,8	Восточная Малайзия (Сабах, Саравак)	Аз	28	54
9N	Непал	Аз	22	42
9Q	Заир	Аф	36	52
9U	Бурунди	Аф	36	52
9V	Сингапур	Аз	28	54
9X	Руанда	Аф	36	52
9Y	Тринидад и Тобаго	ЮА	9	11

Радиолюбительские радиостанции коллективного пользования, работающие при учреждениях Организации Объединенных Наций, используют независимо от местонахождения одну и ту же серию позывных 4U. Вот данные об активных в настоящее время таких станциях (в скобках — континент, зоны WAZ и ITU):

4U1UN — Нью-Йорк, США (СА-5-8);
4U1UP — Сан-Хосе, Коста-Рика (СА-7-11);
4U1ITU — Женева, Швейцария (Ев-14-28);
4U1VIC — Вена, Австрия (Ев-15-28).

В табл. 1.2 включены префиксы любительских радиостанций, выдаваемые национальными Администрациями связи на основании «Регламента радиосвязи». На практике в эфире можно услышать и «неофициальные» префиксы. Их, как правило, используют при работе с территорий и из мест, статус которых однозначно не установлен (например, небольшие необитаемые острова, на которые претендуют несколько стран) или они не получили признания ITU как самостоятельные (с соответствующим выделением серий позывных). «Неофициальные» префиксы всегда используют цифры 1 или 0 (серии типа 1А, 1S, 1Z, S0, A1 и т. д.), т. е. такие серии, которые ITU не распределяет.

4.3.2. Позывные любительских радиостанций СССР

В нашей стране система позывных любительских радиостанций связана с административно-территориальным делением. Это позволяет передать функции присвоения позывных в местные органы ГИЭ МС СССР (республиканские, краевые или областные). Удобна такая привязка и самим радиолюбителям — по позывному можно определить местонахождение станции (с точностью до области), что упрощает работу в эфире, а главное, последующую сортировку и рассылку карточек-квитанций. Но имеются и недостатки такой системы. Любые изменения административно-территориального деления страны неизбежно вызывают изменение позывных у какой-либо части радиостанций или появление исключений (т. е. соответственно порождает проблемы для самих радиолюбителей или для их коллег по работе в

эфире). Кроме того, жесткая привязка серий позывных к конкретным областям уменьшает потенциальную емкость системы.

Существующая система позывных любительских радиостаиций СССР была введена в действие в 1984 г. Она представляет собой дальнейшее развитие двух систем позывных, использовавшихся в СССР с 1946 г. Эта система позволяет уже по первым двум буквам позывного определить союзную республику, в которой находится радиостанция, а по первой букве суффикса — область (для республик, имеющих областное деление). В самой большой из союзных республик — РСФСР, имеющей несколько десятков областей, для их идентификации дополнительно используется и цифра префикса.

В РСФСР, кроме того, цифра указывает на то, в какой ее части — европейской или азиатской — находится радиостанция. В позывных радиостанций других союзных республик цифра смысловой нагрузки не несет. И, наконец, по суффиксу позывного система позывных 1984 г. позволяет определить вид радиостанции: коллективная она или индивидуальная.

Отдельные серии суффиксов (в РСФСР — цифры и серии суффиксов) выделены следующим единицам административно-территориального деления страны: АССР, краю, области, автономной области, автономному округу, городу республиканского подчинения. Для повседневной работы в эфире любительским радиостанциям СССР присваиваются позывные структуры «две буквы — цифра — две буквы» или структуры «две буквы — цифра — три буквы». Первый вариант выдают только индивидуальным радиостанциям, а второй — как индивидуальным, так и коллективным. Различаются они по последним двум буквам суффикса. Если это буквы от AA до VZ, то станция индивидуальная, а если от WA до ZZ, то коллективная

Советскому Союзу для позывных радиостанций ITU выделил следующие серии префиксов: RAA — RZZ, UAA — UZZ, EKA — EKZ, EMA — EOZ, ERA — ERZ, ESA — ESZ, EUA — EZZ, LYA — LYZ, YLA — YLZ, 4JA — 4LZ.

В постоянных, предназначенных для повседневной работы в эфире, позывных любительских радиостанций нашей страны используют серии префиксов, начинающиеся с сочетаний RA — RZ и UA — UZ. Поскольку эти блоки целиком выделены СССР, то первая буква позывного в этом случае однозначно идентифицирует государственную принадлежность. Вторая буква указывает на то, в какой конкретно из союзных республик находится данная радиостанция. Распределение серий позывных по союзным республикам:

Серия позывных	*Союзная республика*
RA, UA	РСФСР
RB, UB	Украинская ССР
RC, UC	Белорусская ССР
RD, UD	Азербайджанская ССР
RF, UF	Грузинская ССР
RG, UG	Армянская ССР
RH, UH	Туркменская ССР
RI, UI	Узбекская ССР
RJ, UJ	Таджикская ССР
RL, UL	Казахская ССР
RM, UM	Киргизская ССР
RO, UO	Молдавская ССР
RP, UP	Литовская ССР
RQ, UQ	Латвийская ССР
RR, UR	Эстонская ССР
RT, UT	Украинская ССР
RV, UV	РСФСР
RW, UW	РСФСР
RZ, UZ	РСФСР

Поскольку при введении в действие системы позывных 1984 г. для уже работающих в эфире радиостанций были сохранены позывные структуры «две буквы — цифры — две буквы», то в эфире можно также встретить позывные постоянных станций, начинающиеся с префиксов UN1 (РСФСР, Карелия) и UY5 (ряд областей Украины). Со временем, по мере прекращения работы этих станций, сочетания RN, UN, RY и UY перейдут в резерв ГИЭ МС СССР, куда уже отнесены сочетания RE, UE, RK, UK, RS, US, RU, UU, RX и UX. В дальнейшем они будут использоваться по мере необходимости ГИЭ МС СССР для увеличения емкости резерва позывных в союзных республиках.

Третий элемент позывного — цифра. Как уже отмечалось, во всех союзных республиках (кроме РСФСР) она не несет никакой дополнительной информации и служит лишь для расширения емкости резерва позывных в АССР, краях, областях и т. д. Эта цифра может быть любой — от 0 до 9. Идентификация области (АССР, автономной области, автономного округа, края, города республиканского подчинения) в союзных республиках, имеющих такое деление, производится по комбинации второй буквы позывного (определяет союзную республику) и первой буквы, следующей в позывном за цифрой.

В РСФСР область идентифицируется по комбинации цифра — буква, следующая за цифрой. Комбинации, содержащие цифры от 1 до 6, присваиваются областям, которые находятся в европейской части РСФСР, а с 7 по 0 — в азиатской части. К азиатской части условно относятся Ямало-Ненецкий автономный округ, Коми АССР, Коми-Пермяцкий автономный округ, Пермская область, Башкирская АССР, Оренбургская область, а также все области (АССР, края и т. д.), лежащие восточнее них

Полный список комбинаций, выделенных союзным и автономным республикам, автономным областям и городам республиканского подчинения, приведен в табл. 4.3. Для РСФСР данные приведены в порядке возрастания цифры позывного и алфавитном порядке следующих за ней букв, а для остальных республик — в алфавитном порядке букв, следующих за цифрой.

Так как позывные структуры «две буквы — цифра — две буквы» не модифицировались при введении новой системы позывных, то среди них есть много исключений из нее. Помимо уже упоминавшихся позывных с префиксами UN1 и UY5 все они имеют префиксы, начинающиеся с буквы U и совпадающие с сериями, выделенными для соответствующих союзных республик (т. е. UA, UB, UC и т. д.). Однако далеко не все они имеют первые буквы после цифры (в РСФСР) и комбинации «буква — буква» (для остальных союзных республик), которые совпадают с приведенными в табл. 4.3. По этой причине определить однозначно их местонахождение по позывному нельзя. Например, позывные из серии UB5AA — UB5AZ есть в нескольких областях Украины, из серии UA3EA — UA3EZ — в Москве и Орловской области, UW3AA — UW3AZ — в Москве и Московской области.

Новые позывные структуры «две буквы — цифра — две буквы» выдаются с префиксами, которые исключают их смешивание со старыми позывными, не всегда соответствующими действующей системе. Так, например, в Москве были введены в действие серии префиксов UZ, RA, RZ, RV и RW. Такие серии ранее в Москве, да и в других областях России, практически не использовались. Аналогичная ситуация имеет место и на Украине (позывные серии RB и серии UB1 — UB4, UB6 — UB0), в Белоруссии (RC, UC1, UC3 — UC0) и др.

Местонахождение станций со старыми позывными структуры «две буквы — цифра — две буквы» можно определить по Списку позывных любительских радиостанций СССР.

Если рассматривать постоянные позывные любительских радиостанций СССР, то есть еще несколько исключений из действующей системы позывных. Во-первых, коротковолновикам — ветеранам Великой Отечественной войны разрешено использовать укороченные позывные структуры «одна буква (всегда U) — цифра — две или три буквы». Определить союзную республику, в которой находится такая станция, разумеется, нельзя. Ряду станций было разрешено сохранить позывные, начинающиеся с букв UK и RK (ранее такие позывные выдавались коллективным радиостанциям). Вот их позывные:

UK3A, UK3B — радиостанция Центрального радиоклуба имени Э.Т. Кренкеля;

UK3F — радиостанция Федерации и радиоспорта СССР;

UK3R — радиостанция редакции журнала «Радио»;

UK3KP, RK3KP — радиостанции редакции газеты «Комсомольская правда»;

UK4L — мемориальная радиостанция в Ульяновске, на родине В.И. Ленина.

Две серии постоянных позывных, начинающиеся с сочетания 4K, выдаются советским любительским радиостанциям в Антарктиде (4K1) и станциям, работающим с дрейфующих полярных станций «Северный полюс» (4K0).

Позывной Героя Советского Союза Э. Т. Кренкеля RAEM также звучит в эфире в те дни, когда работает его мемориальная станция (обычно это мемориал его имени, который проходит в декабре).

Радиостанциям Центрального приемно-командного пункта ДОСААФ СССР, который управляет работой советских радиолюбительских спутников Земли, присвоены позывные RS3A и U3RS.

Все, что было сказано выше о позывных любительских радиостанциях СССР, относится только к постоянным позывным. Кроме того, на период проведения в эфире различных общественно-политических и спортивных мероприятий, радиопереклички и радиоэкспедиций Государственная инспекция электросвязи СССР выдает на ограниченный период времени специальные позывные. Это могут быть и позывные с префиксами серий RA — RZ и UA — UZ, но содержащие только одну букву после цифры, и позывные, начинающиеся только с букв U или R, и, наконец, позывные со всеми остальными сериями префиксов, перечисленными в начале этого раздела.

В табл. 4.4. приведен список союзных и автономных республик, автономных областей и округов, краев, областей и городов республиканского подчинения, составленный в порядке возрастания их условных номеров для диплома Р—100—О («Работал со ста областями СССР»), а в табл. 4.5 — в алфавитном порядке их названий.

Сведения, приведенные в табл. 4.6, дают представление о делении территории СССР на зоны ITU, а в табл. 4.7 — на зоны по списку диплома WAZ В последней таблице для идентификации республики, края, области и т. д. приведен лишь один из выделенных ей серий позывных — дублирующие серии не повторяются.

Таблица 4.3. **Распределение серий позывных радиолюбительских станций СССР (по сериям позывиых)**

Комбинация цифра—буква или буква, условный номер области	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения
РСФСР (европейская часть), префиксы позывных RA, UA; RV, UV, RW, UW, RZ, UZ	
1A—169	г. Ленинград
1C—136	Ленинградская обл.
1N—086	Карельская АССР
1O—113	Архангельская обл.
1P—114	Ненецкий авт. окр.
1Q—120	Вологодская обл.
1T—144	Новгородская обл.
1W—149	Псковская обл.
1Z—143	Мурманская обл.
2F—125	Калининградская обл.
3A—170	г. Москва
3D—142	Московская обл.
3E—147	Орловская обл.
3G—137	Липецкая обл.
3I—126	Калининская обл.
3L—155	Смоленская обл.
3M—168	Ярославская обл.
3N—132	Костромская обл.
3P—160	Тульская обл.
3Q—121	Воронежская обл.
3R—157	Тамбовская обл.
3S—151	Рязанская обл.
3T—122	Горьковская обл.
3U—123	Ивановская обл.
3V—119	Владимирская обл.
3W—135	Курская обл.
3X—127	Калужская обл.
3Y—118	Брянская обл.
3Z—117	Белгородская обл.
4A—156	Волгоградская обл.
4C—152	Саратовская обл.
4F—148	Пензенская обл.
4H—133	Куйбышевская обл.
4L—164	Ульяновская обл.
4N—131	Кировская обл.
4P—094	Татарская АССР
4S—091	Марийская АССР
4U—092	Мордовская АССР
4W—095	Удмуртская АССР
4Y—097	Чувашская АССР
6A—101	Краснодарский край
6E—109	Карачаево-Черкесская АО
6H—108	Ставропольский край
6I—089	Калмыкская АССР
6J—093	Северо-Осетинская АССР
6L—150	Ростовская обл.
6P—096	Чечено-Ингушская АССР
6U—115	Астраханская обл.
6W—086	Дагестанская АССР
6X—087	Кабардино-Балкарская АССР
6Y—102	Адыгейская АО
8T—174	Усть-Ордынский Бурятский авт. окр.

Комбинация цифра—буква или буква, условный номер области	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения
РСФСР (азиатская часть), префиксы позывных RA, UA; RV, UV; RW, UW; RZ, UZ	
8V—175	Ачинский Бурятский авт. окр.
9A—165	Челябинская обл.
9C—154	Свердловская обл.
9F—140	Пермская обл.
9G—141	Коми-Пермяцкий авт. окр.
9H—158	Томская обл.
9J—162	Ханты-Мансийский авт. окр.
9L—161	Тюменская обл.
9M—146	Омская обл.
9O—145	Новосибирская обл.
9Q—134	Курганская обл.
9S—167	Оренбургская обл.
9U—130	Кемеровская обл.
9W—084	Башкирская АССР
9X—090	Коми АССР
9Y—099	Алтайский край
9Z—100	Горно-Алтайская АО
0A—103	Красноярский край
0B—105	Таймырский авт. окр.
0C—110	Хабаровский край
0D—111	Еврейская АО
0F—153	Сахалинская обл.
0H—106	Эвенкийский авт. окр.
0I—138	Магаданская обл.
0J—112	Амурская обл.
0K—139	Чукотский авт. окр.
0L—107	Приморский край
0O—085	Бурятская АССР
0Q—098	Якутская АССР
0S—124	Иркутская обл.
0U—166	Читинская обл.
0W—104	Хакасская АО
0X—129	Корякский авт. окр.
0Y—159	Тувинская АССР
0Z—128	Камчатская обл.
Украинская ССР, префиксы позывных RB1—RB0, UB1—UB0	
A—075	Сумская обл.
B—076	Тернопольская обл.
C—080	Черкасская обл.
D—063	Закарпатская обл.
E—060	Днепропетровская обл.
F—070	Одесская обл.
G—078	Херсонская обл.
H—071	Полтавская обл.
I—073	Донецкая обл.
J—067	Крымская обл.
K—072	Ровенская обл.
L—077	Харьковская обл.

Комбинация цифра—буква или буква, условный номер области	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения
M—059	Ворошиловградская обл.
N—057	Винницкая обл.
P—058	Волынская обл.
Q—064	Запорожская обл.
R—081	Черниговская обл.
S—074	Ивано-Франковская обл.
T—079	Хмельницкая обл.
U—065	Киевская обл.
V—066	Кировоградская обл.
W—068	Львовская обл.
X—062	Житомирская обл.
Y—082	Черновицкая обл.
Z—069	Николаевская обл.
Префиксы позывных RT1—RT0, UT1—UT0	
J—187	г. Севастополь
U—186	г. Киев
Белорусская ССР, префиксы позывных RC1—RC0, UC1—UC0	
A—188	г. Минск
C—009	Минская обл.
I—008	Гродненская обл.
L—005	Брестская обл.
O—007	Гомельская обл.
S—010	Могилевская обл.
W—006	Витебская обл.
Азербайджанская ССР, префиксы позывных RD1—RD0, UD1—UD0	
D—001	Районы республиканского подчинения
K—003	Нагорно-Карабахская АО
N—002	Нахичеванская АССР
Грузинская ССР, префиксы позывных RF1—RF0, UF1—UF0	
F—012	Районы республиканского подчинения
O—015	Юго-Осетинская АО
Q—014	Аджарская АССР
V—013	Абхазская АССР
Армянская ССР, префиксы позывных RG1—RG0, UG1—UG0	
G—004	Районы республиканского подчинения
Туркменская ССР, префиксы позывных RH1—RH0, UH1—UH0	
A—191	г. Ашхабад
B—193	Районы республиканского подчинения
E—044	Марыйская обл.
H—193	Районы республиканского подчинения
W—045	Ташаузская обл.
Y—046	Чарджоуская обл.
Узбекская ССР, префиксы позывных RI1—RI0, UI1—UI0	
A—189	г. Ташкент
B—053	Ташкентская обл.
C—049	Кашкадарьинская обл.
D—173	Сырдарьинская обл.
F—047	Андижанская обл.
G—054	Ферганская обл.
I—051	Самаркандская обл.
L—048	Бухарская обл.
O—050	Наманганская обл.
Q—051	Самаркандская обл.
T—052	Сурхандарьинская обл.
U—055	Хорезмская обл.
V—173	Сырдарьинская обл.
Z—056	Каракалпакская АССР
Таджикская ССР, префиксы позывных RJ1—RJ0, UJ1—UJ0	
J—040	Районы республиканского подчинения
K—192	Хатлонская обл.
B—042	Горно-Бадахшанская АО
S—041	Ленинабадская обл.
X—192	Хатлонская обл.
Казахская ССР, префиксы позывных RL1—RL0, UL1—UL0	
A—020*	Гурьевская обл.
B—016	Целиноградская обл.
C—028	Северо-Казахстанская обл.
D—029	Семипалатинская обл.
E—025	Кокчетавская обл.
F—027	Павлодарская обл.
G—190	г. Алма-Ата
I—017	Актюбинская обл.
J—019	Восточно-Казахстанская обл.
K—024	Кзыл-Ординская обл.
L—026	Кустанайская обл.
M—022	Уральская обл.
N—031	Чимкентская обл.
O—020	Гурьевская обл.
P—023	Карагандинская обл.
Q—018	Алма-Атинская обл.
R—178	Джезказганская обл.
T—021	Джамбульская обл.
V—030	Талды-Курганская обл.
Y—026*	Кустанайская обл.

Комбинация цифра—буква или буква, условный номер области	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения
Киргизская ССР, префиксы позывных RM1—RM0, UM1—UM0	
M—036	Районы республиканского подчинения
N—034	Ошская обл.
P—033*	Иссык-Кульская обл.
Q—033	Иссык-Кульская обл.
T—036*	Районы республиканского подчинения
Молдавская ССР, префиксы позывных RO1—RO0, UO1—UO0	
O—039	Районы республиканского подчинения
Литовская ССР, префиксы позывных RP1—RP0, UP1—UP0	
B—038	Районы республиканского подчинения
Латвийская ССР, префиксы позывных RQ1—RQ0, UQ1—UQ0	
G—037	Районы республиканского подчинения
Эстонская ССР, префиксы позывных RR1—RR0, UR1—UR0	
R—083	Районы республиканского подчинения

Примечание. Отмеченные знаком * буквы принадлежали областям, которых в настоящее время нет в административно-территориальном делении страны. Эти буквы теперь используются в областях, куда вошли аннулированные в 1988 г области

Таблица 4.4. **Распределение серий позывных радиолюбительских станций СССР**

Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения
001	D—D	Азербайджанская ССР (районы республиканского подчинения)
002	D—N	Нахичеванская АССР
003	D—K	Нагорно-Карабахская АО
004	G—G	Армянская обл.
005	C—L	Брестская обл.
006	C—W	Витебская обл.
007	C—O	Гомельская обл.
008	C—I	Гродненская обл.
009	C—C	Минская обл.
010	C—S	Могилевская обл.
012	F—F	Грузинская ССР (районы республиканского подчинения)
013	F—V	Абхазская АССР
014	F—Q	Аджарская АССР
015	F—O	Юго-Осетинская АО
016	L—B	Целиноградская обл.
017	L—I	Актюбинская обл.
018	L—Q	Алма-Атинская обл.
019	L—J	Восточно-Казахстанская обл.
020	L—O	Гурьевская обл.
021	L—T	Джамбульская обл.
022	L—M	Уральская обл.
023	L—P	Карагандинская обл.

Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения
024	L—K	Кзыл-Ординская обл.
025	L—E	Кокчетавская обл.
026	L—L	Кустанайская обл.
027	L—F	Павлодарская обл.
028	L—C	Северо-Казахстанская обл.
029	L—D	Семипалатинская обл.
030	L—V	Талды-Курганская обл.
031	L—N	Чимкентская обл.
033	M—Q	Иссык-Кульская обл.
034	M—N	Ошская обл.
036	M—M	Киргизская ССР (районы республиканского подчинения)
037	Q—G	Латвийская ССР
038	P—B	Литовская ССР
039	O—O	Молдавская ССР
040	J—J	Таджикская ССР (районы республиканского подчинения)
041	J—S	Ленинабадская обл.
042	J—R	Горно-Бадахшанская АО
044	H—E	Марыйская обл.
045	H—W	Ташаузская обл.
046	H—Y	Чарджоуская обл.
047	I—F	Андижанская обл.
048	I—L	Бухарская обл.
049	I—C	Кашкадарьинская обл.

Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения	Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения
050	I—O	Наманганская обл.	107	0L	Приморский край
051	I—I	Самаркандская обл.	108	6H	Ставропольский край
052	I—T	Сурхандарьинская обл.	109	6E	Карачаево-Черкесская АО
053	I—B	Ташкентская обл.	110	0C	Хабаровский край
054	I—G	Ферганская обл.	111	0D	Еврейская АО
055	I—U	Хорезмская обл.	112	0J	Амурская обл.
056	I—Z	Каракалпакская АССР	113	1O	Архангельская обл.
057	B—N	Винницкая обл.	114	1P	Ненецкий авт. округ
058	B—P	Волынская обл.	115	6U	Астраханская обл.
059	B—M	Ворошиловградская обл.	117	3Z	Белгородская обл.
060	B—E	Днепропетровская обл.	118	3Y	Брянская обл.
062	B—X	Житомирская обл.	119	3V	Владимирская обл.
063	B—D	Закарпатская обл.	120	1Q	Вологодская обл.
064	B—Q	Запорожская обл.	121	3Q	Воронежская обл.
065	B—U	Киевская обл.	122	3T	Горьковская обл.
066	B—V	Кировоградская обл.	123	3U	Ивановская обл.
067	B—J	Крымская обл.	124	0S	Иркутская обл.
068	B—W	Львовская обл.	125	2F	Калининградская обл.
069	B—Z	Николаевская обл.	126	3I	Калининская обл.
070	B—F	Одесская обл.	127	3X	Калужская обл.
071	B—H	Полтавская обл.	128	0Z	Камчатская обл.
072	B—K	Ровенская обл.	129	0X	Корякский авт. округ
073	B—I	Донецкая обл.	130	9U	Кемеровская обл.
074	B—S	Ивано-Франковская обл.	131	4N	Кировская обл.
075	B—A	Сумская обл.	132	3N	Костромская обл.
076	B—B	Тернопольская обл.	133	4H	Куйбышевская обл.
077	B—L	Харьковская обл.	134	9Q	Курганская обл.
078	B—G	Херсонская обл.	135	3W	Курская обл.
079	B—T	Хмельницкая обл.	136	1C	Ленинградская обл.
080	B—C	Черкасская обл.	137	3G	Липецкая обл.
081	B—R	Черниговская обл.	138	0I	Магаданская обл.
082	B—Y	Черновицкая обл.	139	0K	Чукотский авт. округ
083	R—R	Эстонская ССР	140	9F	Пермская обл.
084	9W	Башкирская АССР	141	9G	Коми-Пермяцкий авт. округ
085	0O	Бурятская АССР	142	3D	Московская обл.
086	6W	Дагестанская АССР	143	1Z	Мурманская обл.
087	6X	Кабардино-Балкарская АССР	144	1T	Новгородская обл.
			145	9O	Новосибирская обл.
088	1N	Карельская АССР	146	9M	Омская обл.
089	6I	Калмыкская АССР	147	3E	Орловская обл.
090	9X	Коми АССР	148	4F	Пензенская обл.
091	4S	Марийская АССР	149	1W	Псковская обл.
092	4U	Мордовская АССР	150	6L	Ростовская обл.
093	6J	Северо-Осетинская АССР	151	3S	Рязанская обл.
094	4P	Татарская АССР	152	4C	Саратовская обл.
095	4W	Удмуртская АССР	153	0F	Сахалинская обл.
096	6P	Чечено-Ингушская АССР	154	9C	Свердловская обл.
097	4Y	Чувашская АССР	155	3L	Смоленская обл.
098	0Q	Якутская АССР	156	4A	Волгоградская обл.
099	9Y	Алтайский край	157	3R	Тамбовская обл.
100	9Z	Горно-Алтайская АО	158	9H	Томская обл.
101	6A	Краснодарский край	159	0Y	Тувинская АССР
102	6Y	Адыгейская АО	160	3P	Тульская обл.
103	0A	Краснодарский край	161	9L	Тюменская обл.
104	0W	Хакасская АО	162	9J	Ханты-Мансийский авт. округ
105	0B	Таймырский авт. округ			
106	0H	Эвенкийский авт. округ	163	9K	Ямало-Ненецкий авт. округ

Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения	Условный номер	Серия позывных (комбинация цифра—буква или буква—буква)	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, город республиканского подчинения
164	4L	Ульяновская обл.	178	L—R	Джезказганская обл.
165	9A	Челябинская обл.	186	T—U	г. Киев
166	0U	Читинская обл.	187	T—J	г. Севастополь
167	9S	Оренбургская обл.	188	C—A	г. Минск
168	3M	Ярославская обл.	189	I—A	г. Ташкент
169	1A	г. Ленинград	190	L—G	г. Алма-Ата
170	3A	г. Москва	191	H—A	г. Ашхабад
173	I—D	Сырдарьинская обл.	192	J—K	Хатлонская обл.
174	8T	Усть-Ордынский Бурятский авт. округ	193	H—H, B	Туркменская ССР (районы республиканского подчинения)
175	8V	Агинский Бурятский авт. округ			

Примечание. Отсутствующие в списке условные номера 011, 032, 035, 043, 061, 116, 171, 172, 176, 177, 179, 180—185 соответствовали областям и территориям, которых в настоящее время нет в административно-территориальном делении СССР.

Таблица 4.5. **Распределение серий позывных радиолюбительских станций СССР (в алфавитном порядке)**

Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения	Условный номер	Комбинация буква—буква или цифра—буква	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения	Условный номер	Комбинация буква—буква или цифра—буква
Абхазская АССР	013	F—V	Воронежская обл.	121	3Q
Агинский Бурятский автономный округ	175	8V	Ворошиловградская обл.	059	B—M
Аджарская АССР	014	F—Q	Восточно-Казахстанская обл.	019	L—J
Адыгейская АО	102	6Y	Гомельская обл.	007	C—O
Азербайджанская ССР (районы республиканского подчинения)	001	D—D	Горно-Алтайская АО	100	9Z
			Горьковская обл.	122	3T
			Гродненская обл.	008	C—I
Актюбинская обл.	017	L—I	Грузинская ССР (районы республиканского подчинения)	012	F—F
г. Алма-Ата	190	L—C			
Алма-Атинская обл.	018	L—O			
Алтайский край	099	9Y	Гурьевская обл.	020	L—O, A
Амурская обл.	112	0J	Дагестанская АССР	086	6W
Андижанская обл.	047	I—F	Джамбульская обл.	021	L—T
Армянская ССР	004	G—G	Джезказганская обл.	178	L—R
Архангельская обл.	113	1O	Днепропетровская обл.	060	B—E
Астраханская обл.	115	6U	Донецкая обл.	073	B—I
г. Ашхабад	191	H—A	Еврейская АО	111	0D
Башкирская АССР	084	9W	Житомирская обл.	062	B—X
Белгородская обл.	117	3Z	Закарпатская обл.	063	B—D
Брестская обл.	005	C—L	Запорожская обл.	064	B—Q
Брянская обл.	118	3Y	Ивановская обл.	123	3U
Бурятская АССР	085	0O	Ивано-Франковская обл.	074	B—S
Бухарская обл.	048	I—L	Иркутская обл.	124	0S
Винницкая обл.	057	B—N	Иссык-Кульская обл.	033	M—Q, P
Витебская обл.	006	C—W	Кабардино-Балкарская АССР	087	6X
Владимирская обл.	119	3V			
Волгоградская обл.	156	4A	Калининградская обл.	125	2F
Вологодская обл.	120	1Q	Калининская обл.	126	3I
Волынская обл.	058	B—P	Калмыцкая АССР	089	6I

Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения	Условный номер	Комбинация буква — буква или цифра — буква
Калужская обл.	127	3X
Камчатская обл.	128	0Z
Карагандинская обл.	023	L—P
Каракалпакская АССР	056	I—Z
Карачаево-Черкесская АО	109	6E
Карельская АССР	088	1N
Кашкадарьинская обл.	049	I—C
Кемеровская обл.	130	9U
Кзыл-Ординская обл.	024	L—K
г. Киев	186	T—U
Киевская обл.	065	B—U
Киргизская ССР (районы республиканского подчинения)	036	M—M, T
Кировоградская обл.	066	B—V
Кировская обл.	131	4N
Кокчетавская обл.	025	L—E
Коми АССР	090	9X
Коми-Пермяцкий авт. округ	141	9G
Корякский авт. округ	129	0X
Костромская обл.	132	3N
Краснодарский край	101	6A
Красноярский край	103	0A
Крымская обл.	067	B—J
Куйбышевская обл.	133	4H
Курганская обл.	134	9Q
Курская обл.	135	3W
Кустанайская обл.	026	L—L, Y
Латвийская ССР	037	Q—...
Ленинабадская обл.	041	J—S
г. Ленинград	169	1A
Ленинградская обл.	136	1C
Липецкая обл.	137	3G
Литовская ССР	038	P—...
Львовская обл.	068	B—W
Магаданская обл.	138	0I
Марийская АССР	091	4S
Марыйская обл.	044	H—E
г. Минск	188	C—A
Минская обл.	009	C—C
Могилевская обл.	010	C—S
Молдавская обл.	039	O—...
Мордовская АССР	092	4U
г. Москва	170	3A
Московская обл.	142	3D
Мурманская обл.	143	1Z
Нагорно-Карабахская АО	003	D—K
Наманганская обл.	050	I—O
Нахичеванская АССР	002	D—N
Ненецкий авт. округ	114	1P
Николаевская обл.	069	B—Z
Новгородская обл.	144	1T
Новосибирская обл.	145	9O
Одесская обл.	070	B—F
Омская обл.	146	9M
Оренбургская обл.	167	9S
Орловская обл.	147	3E
Ошская обл.	034	M—N
Павлодарская обл.	027	L—F
Пензенская обл.	148	4F
Пермская обл.	140	9F
Полтавская обл.	071	B—H
Приморский край	107	0L
Псковская обл.	149	1W
Ровенская обл.	072	B—K
Ростовская обл.	150	6L
Рязанская обл.	151	3S
Самаркандская обл.	051	I—I, Q
Саратовская обл.	152	4C
Сахалинская обл.	153	0F
Свердловская обл.	154	9C
г. Севастополь	187	T—J
Северо-Казахстанская обл.	028	L—C
Северо-Осетинская АССР	093	6J
Семипалатинская обл.	029	L—D
Смоленская обл.	155	3L
Ставропольский край	108	6H
Сумская обл.	075	B—A
Сурхандарьинская обл.	052	I—T
Сырдарьинская обл.	173	I—D, V
Таджикская ССР (районы республиканского подчинения)	040	J—J
Талды-Курганская обл.	030	L—V
Таймырский авт. округ	105	0B
Тамбовская обл.	157	3R
Татарская АССР	094	4P
Ташаузская обл.	045	H—W
г. Ташкент	189	I—A
Ташкентская обл.	053	I—B
Тернопольская обл.	076	B—B
Томская обл.	158	9H
Тувинская АССР	159	0Y
Тульская обл.	160	3P
Туркменская ССР (районы республиканского подчинения)	193	H—H, B
Тюменская обл.	161	9L
Удмуртская АССР	095	4W
Ульяновская обл.	164	4L
Уральская обл.	022	L—M
Усть-Ордынский Бурятский авт. округ	174	8T
Ферганская обл.	054	I—G
Хабаровский край	110	0C
Хакасская АО	104	0W
Ханты-Мансийский авт. окр.	162	9J
Харьковская обл.	077	B—L
Хатлонская обл.	192	J—K, X
Херсонская обл.	078	B—G
Хмельницкая обл.	079	B—T
Хорезмская обл.	055	I—U
Целиноградская обл.	016	L—B
Чарджоуская обл.	046	H—Y
Челябинская обл.	165	9A
Черкасская обл.	080	B—C

Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения	Условный номер	Комбинация буква – буква или цифра—буква	Союзная или автономная республика, автономная область или округ, край, область, город республиканского подчинения	Условный номер	Комбинация буква—буква или цифра—буква
Черниговская обл.	081	B—R	Эвенкийский авт. округ	106	0H
Черновицкая обл.	082	B—Y	Эстонская ССР	083	R—. . .
Чечено-Ингушская АССР	096	6P	Юго-Осетинская АО	015	F—O
Чимкентская обл.	031	L—W	Якутская ССР	098	0Q
Читинская обл.	166	0U	Ямало-Ненецкий авт. округ	163	9K
Чувашская АССР	097	4Y	Ярославская обл.	168	3F
Чукотский авт. округ	139	0K			

Примечание. В союзных республиках без областного деления первая буква суффикса на практике может быть любой, поэтому в таблице она не указана (R – ..., O—... и т. д.).

Таблица 4.6. **Деление территории СССР на зоны ITU**

Зона	Границы зон	
	по широте	по долготе
19	Между 60° и 80° с. ш.	Западнее 50° в. д.
20		От 50° до 75° в. д.
21		От 75° до 90° в. д.
22		От 90° до 110° в. д.
23		От 110° до 135° в. д.
24		От 135° до 155°
25		От 155° до 170° в. д.
26		Восточнее 170° в. д.
29	Южнее 60° с. ш.	Западнее 50° в. д.
30		От 50° до 75° в. д.
31		От 75° до 90° в. д.
32		От 90° до 110° в. д.
33		От 110° до 135° в. д.
34		От 135° до 155° в. д.
35		Восточнее 155° в. д.
74	Севернее 80° *с. ш.*	—

Примечание. Приморский край целиком входит в зону 34

Таблица 4.7. **Деление территории СССР на зоны для диплома WAZ**

Зона	Серии позывных
15	UA2F, UP, UQ, UR
16	UA1, UA3, UA4, UA6, UA9W, UA9S, UB, UC, UT, UO
17	UA9A, UA9C, UA9F, UA9G, UA9J, UA9K, UA9L, UA9M, UA9X, UH, UI, UJ, UL, UM
18	UA9H, UA9O, UA8U, UA9Y, UA9Z, UA0A, UA0B, UA0O, UA0S, UA0U, UA0W
19	UA0C, UA0D, UA0F, UA0H, UA0I, UA0J, UL0K, UA0L, UA0Q, UA0X, UA0Z
21	UD, UG, UF
23	UA0Y

5. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1 ТЕЛЕГРАФНАЯ АЗБУКА

Несмотря на интенсивное развитие современных видов любительской радиосвязи (SSB, RTTY, PR, SSTV), телеграф продолжает пользоваться большой популярностью у коротковолновиков. Объясняется это и простотой самодельной телеграфной аппаратуры, и более высокой чем у остальных видов связи помехоустойчивостью. Более того, в некоторых случаях, например, при работе на УКВ с отражением сигналов от Луны телеграф — это единственно возможный вид работы. Международный «Регламент радиосвязи», которому следует подавляющее большинство администраций связи, требует знания телеграфа от операторов любительских радиостанций (по крайней мере от тех из них, кто работает на КВ диапазонах).

Телеграфная азбука представляет собой комбинации коротких и длинных посылок — точек и тире. Она относится к так называемым неравномерным кодам, поскольку число элементов кодировки (точек и тире) разное для разных символов. Это приводит, в частности, к тому, что скорость при фиксированных длительности точки, тире и паузы между ними, скорость передачи радиограммы телеграфом зависит от ее содержания. За основу всех временных интервалов в телеграфной азбуке взята длительность точки. Длительность тире соответствует трем точкам, пауза между элементами в символе — точки, пауза между символами — трем точкам, пауза между словами — семи точкам. На практике (особенно для приема сигналов в условиях больших помех) нередко отходят от стандартных соотношений и несколько удлиняют тире (до длительности примерно 3,5 точки). Кроме букв и цифр телеграфная азбука кодирует также некоторые знаки препинания и служебные знаки, использующиеся в радиосвязи.

Телеграфная азбука для букв русского и латинского алфавита, цифр, а также знаков препинания и служебных знаков приведена в табл. 5.1. Здесь «даа» обозначает тире, а «ди» — точку (для большей мелодичности в конце символа — «дит»). Такое «фонетическое» представление телеграфной азбуки можно использовать для ее самостоятельного изучения. Ошибку в передаче перед началом ее исправления обозначают серией точек (не менее семи). Для букв русского алфавита в скобках даны их эквиваленты из латинского алфавита. Аналогов некоторым нашим буквам в нем нет (Ч, Ш, Э, Ю, Я), но у них есть зато аналоги в некоторых других языках. Так, код букв «Ю» совпадает с кодом буквы «Ü» в немецком языке и т. п. В общем случае многие языки подобно русскому имеют свои версии телеграфной азбуки, в которых коды букв латинского алфавита дополнены кодами символов, характерных только для этого языка. Следует отметить, что сочетания точек и тире, обозначающие знаки препинания, в разных странах могут иметь разный смысл. Так, в некоторых странах точка передается телеграфной азбукой как наша запятая, а запятая — как наш восклицательный знак.

Таблица 5.1. **Телеграфная азбука**

Символы, знаки	Телеграфный код	Символы, знаки	Телеграфный код	Символы, знаки	Телеграфный код
А (A)	ди-даа	Р (R)	ди-даа-дит	3	ди-ди-ди-даа-даа
Б (B)	даа-ди-ди-дит	С (S)	ди-ди-дит	4	ди-ди-ди-ди-даа
В (W)	ди-даа-даа	Т (T)	даа	5	ди-ди-ди-ди-ди
Г (G)	даа-даа-дит	У (U)	ди-ди-даа	6	даа-ди-ди-ди-дит
Д (D)	даа-ди-дит	Ф (F)	ди-ди-даа-дит	7	даа-даа-ди-ди-дит
Е (E)	дит	Х (H)	ди-ди-ди-дит	8	даа-даа-даа-ди-дит
Ж (V)	ди-ди-ди-даа	Ц (C)	даа-ди-даа-дит	9	даа-даа-даа-даа-дит
З (Z)	даа-даа-ди-дит	Ч (-)	даа-даа-даа-дит	0	даа-даа-даа-даа-даа
И (I)	ди-дит	Ш (-)	даа-даа-даа-даа	.	ди-дит ди-дит ди-дит
Й (J)	ди-даа-даа-даа	Щ (Q)	даа-даа-ди-даа	,	да-даа-ди-даа-ди-даа
К (K)	даа-ди-даа	Э (-)	ди-ди-даа-ди-дит		даа-ди-ди-даа-дит
Л (L)	ди-даа-ди-дит	Ю (-)	ди-ди-даа-даа	?	ди-ди-даа-даа-ди-дит
М (M)	даа-даа	Я (-)	ди-даа-ди-даа	!	даа-даа-ди-ди-даа-даа
Н (N)	даа-дит	Ь (X)	даа-ди-ди-даа	Раздел	даа-ди-ди-ди-даа
О (O)	даа-даа-даа	1	ди-даа-даа-даа-даа		
П (P)	ди-даа-даа-дит	2	ди-ди-даа-даа-даа		

5.2. ОБОЗНАЧЕНИЕ ВИДОВ РАДИОСВЯЗИ

На карточках-квитанциях коротковолновиков и ультракоротковолновиков сегодня можно встретить три варианта обозначения вида работы. Один из них идет от радиолюбительских кодов и получил наибольшее распространение. Два других варианта обозначения чисто профессиональные, но тоже широко применяются радиолюбителями. Оба они установлены Международным союзом электросвязи: один действует в настоящее время, а другой использовался до 1979 г. (но еще нередко встречается на QSL). Все три варианта обозначений приведены в табл 5.2. Иногда вместо обозначения однополосной моуляции как SSB применяют «уточняющие» обозначения USB и LSB (соответственно однополосная модуляция с верхней и нижней рабочей полосой).

Таблица 5.2. **Обозначения видов радиосвязи**

Вид радиосвязи	Обозначение		
	по радиолюбительскому коду	по «Регламенту радиосвязи» (новое)	по «Регламенту радиосвязи» (старое)
Телеграф (амплитудная манипуляция)	CW	A1A	A1(0,1A1)
Телефон:			
амплитудная модуляция	AM	A3E	A3(6A3)
однополосная модуляция	SSB	J3E	A3J(3A3J)
частотная модуляция	FM	F3E	F3
фазовая модуляция	PM	G3E	-
Радиотелетайп	RTTY	F1B	F1

5.3. ШКАЛЫ R, S И T

Оценку качества сигнала корреспондента радиолюбители производят в соответствии со шкалами R (Readability — разбираемость сигнала), S (Strength — сила сигнала) и T — (Tone — тон). Первая из них пятибальная, а две других — девятибальные. При работе телефоном оценка тона, естественно, не передается, т. е. вместо трех цифр, соответствующих RST, передается только две цифры — RS. Качество модуляции оценивают словами. Шкалы R S и T сведены в табл. 5.3.

Кроме RST при телеграфных связях порой передают качественную оценку сигнала, используя для этого следующие сочетания: K — имеются щелчки от «жесткой» манипуляции, C — «чирикающий» сигнал (быстрое, в течение одной телеграфной посылки изменение тона сигнала), X — «кристальный» тон, QRI — тон изменяется в процессе работы.

Дополнительную информацию о условиях приема (пояснение, в частности, что же влияет на разборчивость сигналов корреспондента) можно передать с помощью следующих сочетаний: QRM — есть помехи от других станций, QRN — есть атмосферные помехи, QSB — есть замирания (сильные изменения уровня сигнала в процессе работы).

Таблица 5.3. **Шкалы R, S и T**

Баллы	Значение
	Шкала R
1	Неразборчиво, прием невозможен
2	Едва разборчивы отдельные знаки (слова), прием практически невозможен
3	Разборчиво с большим трудом (30...50 %)
4	Достаточно разборчиво (50...80 %)
5	Совершенно разборчиво (100 %)
	Шкала S
1	Едва слышно, прием невозможен
2	Очень слабые сигналы, прием практически невозможен

3	Очень слабые сигналы, прием с большим напряжением
4	Слабые сигналы, прием с небольшим напряжением
5	Удовлетворительные сигналы, прием почти без напряжения
6	Хорошие сигналы, прием без напряжения
7	Умеренно громкие сигналы
8	Громкие сигналы
9	Очень громкие сигналы
	Шкала Т
1	Очень грубый, шипящий тон
2	Грубый тон, никаких следов музыкальности
3	Хриплый, слегка музыкальный тон
4	Тон средней музыкальности
5	Журчащий, музыкально модулированный тон
6	Музыкальный тон, заметная пульсация
7	Музыкальный тон, небольшая пульсация
8	Чистый, музыкальный тон, едва заметная пульсация
9	Чистейший музыкальный тон

СОДЕРЖАНИЕ



Б. Г. Степанов
Я. С. Лаповок
Г. Б. Ляпин

Любительская радиосвязь на КВ

Издательство «Радио и связь»

4 р.

МРБ

Любительская радиосвязь на КВ

Издательство «Радио и связь»